OBRAS PÚBLICAS

RÍA DEL GUADALQUIVIR Y PUERTO DE SEVILLA

PROYECTO

DE LAS

OBRAS DE MEJORA

DEL

PUERTO DE SEVILLA

DE LA RÍA DEL GUADALQUIVIR

Y DE

SU DESEMBOCADURA

DOCUMENTO NÚM. I

MEMORIA DESCRIPTIVA

SEVILLA

IMPRENTA DE GIRONÉS, LAGAR 5.

1903



OBRAS PÚBLICAS

RÍA DEL GUADALQUIVIR Y PUERTO DE SEVILLA

OBRAS PÚBLICAS

RÍA DEL GUADALQUIVIR Y PUERTO DE SEVILLA

PROYECTO

DE LAS

OBRAS DE MEJORA

DEL

PUERTO DE SEVILLA

DE LA RÍA DEL GUADALQUIVIR

Y DE

SU DESEMBOCADURA

DOCUMENTO NÚM. I

MEMORIA DESCRIPTIVA

SEVILLA

IMPRENTA DE GIRONÉS, LAGAR 5.
1903

ÍNDICE

PRIMERA PARTE

Antecedentes y consideraciones generales.

CAPÍTULO PRIMERO

Objeto del Proyecto.

Página.

CAPITULO SEGUNDO

Historia de la navegación de la ría del Guadalquivir y de las obras ejecutadas para su mejora, y enseñanzas que de ella se deducen.

Página.

Página.

CAPITULO TERCERO

Caracteres del puerto de Sevilla.

SEGUNDA PARTE

Estudio de las obras de mejora del Puerto de Sevilla, de la Ría del Guadalquivir y de su desembocadura.

CAPITULO CUARTO

Condiciones del puerto para satisfacer las actuales, progresivas é inmediatas necesidades del tráfico.

Página.

CAPITULO QUINTO

Generalidades sobre la mejora del puerto de Sevilla y caracteres y bases fundamentales de la solución.

CAPITULO SEXTO

Condiciones que presenta la ría para satisfacer las actuales y progresivas necesidades de la navegación.

Página.

CAPITULO SEPTIMO

Régimen de las aguas, márgenes y fondos de la ría.

CAPITULO OCTAVO

Estudio de las obras de mejora de la navegación de la ría.

CAPITULO NOVENO

Navegación de la desembocadura del Guadalquivir y estudio del régimen de sus aguas, costas y fondos.

Página.

CAPITULO DECIMO

Estudio de las obras de mejora de la desembocadura del Guadalquivir.

TERCERA PARTE

Ejecución de las obras de mejora del Puerto de Sevilla, de la Ría del Guadalquivir y de su desembocadura.

CAPITULO ONCENO

Ejecución de las obras de la Corta de Tablada.

Página.

CAPITULO DUODECIMO

Muelle en la Corta de Tablada y Zona de Servicio.

CAPITULO DECIMOTERCERO

Ejecución de las obras de mejora de la ría.

CAPITULO DECIMOCUARTO

Ejecución de las obras de la desembocadura del Guadalquivir.

CAPITULO DECIMOQUINTO

Sistema y orden de ejecución de las Obras.

CAPITULO DECIMOSEXTO

Documento del proyecto y propuestas á la Superioridad.

PRIMERA PARTE

ANTECEDENTES Y CONSIDERACIONES GENERALES

Capítulo Primero

OBJETO DEL PROYECTO

§ I

Carácter general de la reforma que debe sufrir la vía marítima del Guadalquivir

Bases de la mejora de la vía marítima del Guadalquivir.

Tiene por objeto este proyecto estudiar la mejora de la vía marítima del Guadalquivir.

Debe ésta ser considerada en conjunto, comprendiéndose en el estudio la navegación de la ría y el puerto, propiamente dicho. Serán de tener á la vista las conveniencias actuales é inmediatas del tráfico, y sin duda alguna hay que poner delante de los ojos las conveniencias de este mismo tráfico en el porvenir.

Además, ¿cómo prescindir, al resolver el problema de la mejora de la vía marítima de Sevilla, de la consideración de que á su puerto le está principalmente encomendada la misión altísima de contribuir eficazmente al desarrollo de tantos y tan importantísimos intereses como radican en la mayor parte del extenso valle del Guadalquivir?

Desde puntos de vista tan generales, y con propósitos tan transcendentes, cuya procedencia es evidente, se va á hacer el estudio de la radical transformación que necesita el puerto de Sevilla.

Mejora de la navegación.

Por consiguiente, su navegación deberá mejorarse hasta llevar los calados disponibles al máximo que permitan las condiciones especiales que caracterizan á la ría.

Transformación radical que debe sufrir el puerto de Sevilla.

El puerto deberá mejorarse, á su vez, de tal suerte, que, cambiando radicalmente el concepto que esencialmente informa su actual modo de ser, quede en disposición de prestar á la riqueza y al tráfico los importantísimos servicios que en todas partes se encomienda á los puertos modernos.

Los puertos en épocas anteriores.

En la actualidad, al proyectar un puerto de nuevo establecimiento, ó al proyectar las mejoras que continuamente se están llevando á cabo en los existentes, no se trata solamente de proporcionar fácil atraque á barcos de más ó

menos porte y calado; de crear zonas de servicio más ó menos desahogadas, que sean adecuadas para colocar en su superficie mercancías destinadas á permanecer sobre ellas el menor número de días posible, considerándolas como de tránsito; no basta que en esta zona de servicio existan grúas y aparatos de transbordo, tinglados, vías férreas y caminos ordinarios; no es suficiente tampoco que á todos estos elementos se añadan los medios de reparar, carenar y construir barcos, ni tampoco que se hagan las pequeñas instalaciones que se necesitan en todas partes para realizar cómodamente los servicios anejos, de Aduana, Sanidad, practicajes, aguadas, alumbrado, etcétera, etcétera.

Puertos modernos.

Hoy se exige más á los puertos. Además de las condiciones y cualidades que respectivamente les proporcionan las instalaciones enumeradas, se les impone el desempeño de funciones esencialmente mercantiles y comerciales de gran transcendencia.

Las zonas de servicio no son ya lugares exclusivamente destinados al tránsito de las mercancías, procedentes ó destinadas á su transporte por la vía marítima, dotados de los elementos necesarios para hacer rápida y económicamente, en tierra, su carga y descarga y transporte y para llevar á cabo en iguales condiciones su embarque y desembarque.

En las zonas de servicio deben, además, existir, con principal consideración, los elementos necesarios para almacenar las mercancías más importantes que caractericen el tráfico marítimo de cada puerto. En estos almacenes se depositan sin determinar su destino, lo mismo cuando provienen de la vía marítima, que cuando pertenecen al tráfico terrestre, permaneciendo en ellos durante un tiempo más ó menos largo, pero siempre en cierto modo indefinido, que concluye cuando se determina el lugar de su destino, al que se expiden por la vía que convenga, sea marítima ó de tierra, cualquiera que haya sido su origen y procedencia.

La conservación de las mercancías depositadas y su preparación especial para ponerlas en condiciones convenientes para su transporte, exigen frecuentemente la realización de ciertas operaciones, que suelen consistir en su envase, en su mezcla, en su limpieza, clasificación y reconocimiento; y estas operaciones, que suponen casi siempre el movimiento y cambio de lugar de las mercancías, debiéndose verificar necesariamente en los almacenes en que se depositan, hacen preciso el establecimiento de medios económicos, de uso público, para realizarlas.

La cuenta de entrada y salida de mercancías; la toma de razón de su estado, propiedad, permanencia y destino; la vigilancia é intervención de las operaciones que hayan de sufrir, ó, para decirlo en una palabra, la administración de estos almacenes, debe estar regida y llevada por entidades comerciales que empleen procedimientos y adopten documentación de carácter mercantil, obteniéndose de esta suerte, no solamente expedición, facilidad y seguridad en las relaciones de la administración con los administrados, y de éstos entre sí, sino también otro orden por demás interesante de facilidades que se refieren á la transmisión de la propiedad de las mercancías, á la disposición de éstas y á la realización de las operaciones de crédito de préstamo pignoraticio, y otras que se basan en la garantía proporcionada por las mercancías depositadas.

Los puertos modernos deben también ofrecer superficies y atraques adecuados para que la iniciativa particular instale, cuando le convenga, medios de embarque y desembarque destinados á tráficos especiales.

Tampoco se puede prescindir en los puertos modernos de la instalación de un centro general de producción de fuerza capaz de abastecer, á bajo precio, toda la que se consuma en los diversos aparatos, mecanismos y establecimientos que existan en el conjunto de todos los servicios, sean de uso público ó de uso particular.

De esta suerte, el conjunto que forman los muelles y su zona de servicio, así concebido y preparado para abastecer las necesidades del tráfico de tránsito y del tráfico de depósito, constituye el puerto á la moderna, que viene á ser como el corazón de las corrientes comerciales de la región á que se extiende su acción: todas afluyen al puerto, y en él se transforman, y por él pasan rápidamente, ó en él se detienen el tiempo necesario para adaptarse á las condiciones que exigen los puntos de destino ó consumo, sean nacionales ó extranjeros, estén situados en el interior ó en las costas, colocando en ellos las mercancías con el menor gasto posible y en el momento que sea más adecuado, dando lugar, respectivamente, de esta y de aquella suerte, á la mayor baratura para el consumidor y al máximo beneficio posible para el comerciante.

De esta manera, y no de otra, cumplen los puertos su misión de desarrollar su tráfico propio y de influir de un modo eficaz y directo en el progreso de la riqueza de la comarca á que se extiende su radio de acción comercial; y del mismo modo el puerto de Sevilla ha de desarrollar su propio tráfico y ha de contribuir poderosamente al progreso de la riqueza del extenso y feraz valle del Guadalquivir.

OPORTUNIDAD DE MEJORAR LA VÍA MARÍTIMA DEL GUADALQUIVIR.

Ciertamente, no faltarán personas que consideren prematuras, desproporcionadas y hasta exageradas las reformas y mejoras que, inspirándose en cuanto se acaba de exponer, se trata de introducir en la vía marítima del Guadalquivir y en el puerto de Sevilla, constituyendo los objetivos de este proyecto.

Estas gentes, rindiendo culto, al parecer, á cualidades de sensatez y de prudencia, y haciendo gala de tendencias raquíticas, que no vacilan en calificar de prácticas, ni sienten el progreso en ninguna de sus manifestaciones, ni son capaces de contribuir á su realización, ni conocen sus leyes, ni se dan cuenta de la prelación de los factores de que depende la evolución total de la producción de la riqueza.

Olvidan que en todo tiempo el progreso general se ha realizado, no sólo por la suma de los que son debidos á iniciativas individuales, sino también por el debido al esfuerzo colectivo, representado por las entidades de carácter social ó de gobierno, á las que incumbe desempeñar misiones importantísimas, en que ninguna otra personalidad de carácter individual puede sustituirlas.

La acción verdaderamente individual, ó las asociaciones comportándose como indivíduos poderosos, deben producir en la Agricultura y en la Industria intensivamente y con la mayor baratura; pero una vez obtenida la riqueza, incumbe á la acción social colectiva lo concerniente al establecimiento de los medios de movimiento y transporte, proporcionando los necesarios para colocarla en todo centro de consumo de la manera que resulte más oportuna, más rápida y más económica.

Desde el camino vecinal, que es el instrumento de transporte más modesto y elemental, hasta el puerto moderno, que es el más complicado y transcendente, todos los medios de transportes están establecidos y administrados, directa ó indirectamente, por la acción colectiva social, ya esté representada por una entidad de gobierno, ya esté constituída por grandes asociaciones que, unidas al Estado y bajo mayor ó menor dependencia de éste, realizan las funciones comerciales de grandísima importancia, que son los transportes, y que influyen y determinan de mil maneras diferentes el progreso universal de los intereses materiales.

Los que, prescindiendo de tan evidentes principios, consideren tempranas y exageradas ciertas tendencias; los que pretendan, rindiendo parias á mal entendidas economías, que la acción colectiva no debe intervenir en el desenvolvimiento de ciertos progresos sino cuando la acción individual ha realizado la mayor parte de su misión, confunden lastimosamente dos cosas esencialmente distintas. Confunden la necesidad de crear ciertos instrumentos y ciertos elementos, que son insustituíbles en su especial misión, con la extensión y magni-

tud de las instalaciones que los representan, que es de lo que principalmente depende su valor.

Esta extensión y esta magnitud son las que pueden marchar á compás con la riqueza producida por la acción individual; pero la función encomendada en el desenvolvimiento de ésta á aquéllos instrumentos, ni se puede suprimir ni se debe retardar, si no se quiere matar ó detener la realización del progreso y el desarrollo de los intereses materiales.

Cuanto antecede es esencial y de existencia indispensable para influir en el progreso de la región y del puerto, y debe ser realizado en la medida de lo necesario por la acción colectiva social, representada por el Estado y el Comercio, ó sea por la Junta de Obras; desde luego es evidente que no se debe exagerar al evaluar la intensidad con que han de llevarse á cabo estas mejoras, pero ciertamente no se debe prescindir del establecimiento inicial de todas ellas.

No en vano la Agricultura y la Industria de la región que influye el puerto de Sevilla son bastante importantes ya y han progresado lo suficiente para que haya temor de que resulte estéril la iniciación de las mejoras que se acaban de enumerar; por el contrario, es de toda evidencia que han llegado á aquel estado de desenvolvimiento que, para continuar y crecer, necesita imperiosamente la influencia de aquellos elementos de progreso que sólo puede proporcionar en el puerto de Sevilla la acción colectiva social.

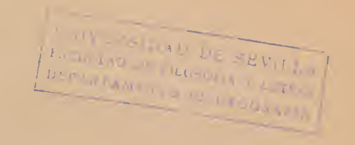
Proceder con otro criterio, tener á la vista otros ideales más pequeños, prescindir de lo que es lógico y científico en la misión que es propia del Estado en la solución de este problema, significa tanto como dejar incumplidos los altísimos deberes que le incumben en la realización del progreso en una de las más importantes y más extensas regiones de la Península.

Síntesis del objeto de este proyecto.

Por todas las razones expuestas, por demás fundadas, será objeto de este Proyecto el estudio de las obras necesarias para mejorar los servicios propios del Puerto de Sevilla y de la navegación del Guadalquivir, teniendo como límite la realización de los ideales antes indicados, acomodándose en los procedimientos á las circunstancias especiales en que se desenvuelven, como se verá después, los problemas parciales que, dentro del de conjunto, hay que resolver, y atemperándose además, al proponer la realización de los gastos que siempre traen consigo estas obras, á la modesta cuantía de los fondos de que, para este efecto, puede disponer el Estado, representado por la Junta de Obras del puerto de Sevilla.

Por consiguiente, en este proyecto se considerarán en principio todas las reformas, mejoras y transformaciones que debe experimentar la vía marítima del Guadalquivir, con arreglo al criterio antes expuesto, llevando desde luego algunas de ellas al mayor desenvolvimiento posible, estableciendo algunas con prudente medida, iniciando solamente otras, y teniendo á la vista las demás, por lo menos en lo que sea necesario para prever en el porvenir su oportuna é indispensable realización.





Capítulo Segundo

Historia de la navegación de la ría del Guadalquivir y de las obras ejecutadas para su mejora, y enseñanzas que de ella se deducen.

§ I

Importancia de este estudio histórico y su división cronológica

Importancia de este estudio histórico.

Al exponer las consideraciones que han de justificar las importantes obras que se proponen, con el fin de mejorar en la medida que se necesita la navegación de la ría del Guadalquivir, es natural comenzar por presentar los antecedentes de carácter histórico. De ellos se obtendrá, además del interesante conocimiento de las vicisitudes porque han pasado las obras y la navegación, abundante caudal de doctrina y de práctica experiencia, que recibirá, sin duda alguna, importante aplicación para avalorar las consideraciones que sucesivamente han de ser expuestas en esta Memoria.

División general cronológica.

Se dividirá la cronología de las obras en dos épocas distintas, caracterizadas por buen número de razones: la primera desde el siglo XVIII hasta el año de 1871, en que se constituyó la Junta de Obras de este Puerto, por Decreto de 25 de Noviembre de 1870; y la segunda desde este último año hasta nuestros días, ó sea hasta el año de 1901.

§ II

Años 1794 á 1863

Antecedentes históricos reunidos por el Sr. Pastor y Landero.

Para hacer la historia de los comienzos de la primera época, se copiará lo expuesto por el Ingeniero Sr. D. Manuel Pastor y Landero en el importantísimo trabajo que presentó en 29 de Enero de 1858, por orden del Sr. Inspector, en aquella sazón en visita, al objeto de justificar el grupo de obras ejecutadas por el citado Ingeniero.

Dice así:

«Sevilla fué un puerto de muchísima importancia cuando el comercio con nuestras colonias estaba limitado á determinados puntos de la península. No podemos fijar con exactitud cuáles eran entonces las circunstancias del río respecto á calado y demás condiciones de navegación, porque no existen planos ni datos de ninguna especie sobre esta cuestión, cosa que no tiene nada de sorprendente, atendido el carácter de la época y el escaso interés con que, hasta hace muy poco tiempo, se han mirado entre nosotros esta clase de asuntos; pero lo cierto y evidente es que los buques que hacían entonces el comercio llegaban con facilidad hasta Sevilla, donde encontraban un gran mercado para el cambio de los productos de las colonias y la metrópoli. (1)

»Este estado de cosas duró mucho tiempo, y la natural é importantísima riqueza de esta comarca, auxiliada poderosísimamente por el privilegio que existía á favor de Sevilla, la hizo prosperar extraordinariamente, y cada día afluían nuevos y mayores capitales á interesarse en el gran tráfico entonces aquí existente.

»Sin embargo, por uno de esos fenómenos tan frecuentes, sobre todo en nuestro país, y como consecuencia forzosa del privilegio, apesar de ser la navegación del Guadalquivir la fuente principal de riqueza, de todo se cuidaban aquí más que de atenderla convenientemente y mantenerla, cuando menos, en estado de sostener la viabilidad que tanta riqueza desarrollaba.

»El río, abandonado á sí mismo, sin que nadie se opusiese ó vigilase las diferentes construcciones que ejecutaban los particulares en sus orillas con distintos objetos, y sin plan ni sistema alguno, experimentando frecuentes y considerables avenidas y, por consiguiente, sufriendo diversas alteraciones en su régimen, sin que en nada se tratara de evitarlas, cada día ofrecía más dificultades que, por más perceptibles que se hacían, no llamaron la atención de las partes interesadas hasta que en 1794, el Real Consulado de esta Ciudad, comprendiendo los enormes perjuicios que ya se seguían al comercio, y que podrían sobrevenir otros mayores, solicitó y obtuvo permiso del Gobierno para emprender algunas obras y un auxilio importante para ellas. Entonces se ejecutó la corta en el torno llamado de Merlina, para evitar un rodeo de bastante consideración, y un bajo, que era en aquel tiempo el obstáculo más grave que se encontraba para subir hasta Sevilla. Diósele á la corta seiscientos metros de longitud, cinco de profundidad y ciento de anchura, y cerróse, una vez terminada, el brazo principal. (2)

»Para dar una idea del estado en que se encontraba el río, y como dato importantísimo para lo que hemos de exponer más adelante, nada nos parece más conveniente que copiar textualmente el informe que dieron sus pilotos y prácticos al ser consultados por el Prior del Consulado, informe que hemos sacado del expediente original de la citada corta:

«Los pilotos y prácticos del río Guadalquivir, que abajo firmamos, decimos: Que habiendo sido citados de orden del señor Marqués de Rivas, Prior de este Real Consulado, para que compareciésemos, como lo hemos hecho en este día, á la sala de audiencia de su Tribunal, á manifestar con toda individualidad y extensión el estado de navegación en que actualmente se halla el todo y cada una de las partes del enunciado río, desde el puente de barcas de esta ciudad hasta su desembocadura en el mar, certificamos: Que todas las embarcaciones de mayor porte que entran en el fondeadero de Sanlúcar de Barrameda tienen un fondo suficientísimo para subir por el mismo río, como lo hacen, hasta el sitio del que llaman la Costumbre, en que se practica su primer alijo, porque á poco trecho después principian los bajos, con el de la Ermita, el del Mármol, el de la Saria y el de la venta de la Negra, en todos los cuales tiene el río constantemente en las bajas mareas nueve cuartas de fondo, diez y ocho á los

---

(1) El calado de estos buques no sería mucho mayor de 12 piés Burgos, dadas las dimensiones de los barcos que se usaban en aquella época.—*(Nota del autor de la Memoria.)*

(2) Costó esta obra 1.200,000 reales; fué dirigida por D. Scipión Perosini; comenzaron las obras en 24 de Septiembre de 1794, suspendiéronse en 9 de Diciembre, para continuarlas en 7 de Abril, terminándose en 7 de Diciembre de 1795.—*(Nota del autor de la Memoria).*

tiempos de los flujos y diez y seis en las pleamares regulares; Que como desde este punto vuelve el río á perder alguna parte de su anterior fondo, se hace en él y en la venta de la Negra el segundo alijo; Que á estos bajos se siguen el nombrado Casas Reales, el de la Higuera, punta de la Isla de Hernando y el de antes de Coria, en los cuales goza el río siete cuartas de fondo en las bajas mareas, quince en los flujos y trece, á lo menos, fuera de ellos y al tiempo de las pleamares; Que como desde el fondeadero de Coria, en el torno inmediato, vuelva el río á perder otra parte muy considerable de su fondo, se hace en Coria el tercer alijo de las embarcaciones que suben á Sevilla; Que el bajo de la torre de los Herveros, que se ha hecho ya uno con el de la Casa del padre D. Juan, ha cortado el tránsito á las embarcaciones de alguna cala, reduciéndose su fondo á cuatro cuartas, no muy cumplidas, en las bajas mareas, once en la pleamar de los flujos y de nueve y media á diez en las regulares; Que á este bajo se siguen los del Copero y punta del Verde, en que hay nueve cuartas de fondo en las bajas mareas, quince en pleamares regulares y diez y seis cumplidas en los flujos; y, finalmente, que concluyen los bajos en el de la Pita que, al tiempo de las bajas mareas, goza trece cuartas de fondo, diez y nueve en las altas mareas regulares y veinte cumplidas en los flujos; de todo lo cual, en que están de entera uniformidad, concluyen deduciendo unánimemente que, á excepción de lo que coge el torno de Merlina y bajo de la torre de los Herveros y Casa del padre D. Juan, se halla este río de una regular navegación en los tiempos de pleamar hasta Sevilla, en las más medianas pleamares para embarcaciones de hasta doscientas toneladas, construídas á la holandesa, ó para otra cualquiera, cuya cala no exceda de catorce cuartas; pero que esta navegación, tan regular y arreglada, se halla casi enteramente cortada, y va cortándose é inutilizándose diariamente, con el mayor asombro, por los predichos bajos de la torre de los Herveros y Casa del padre D. Juan, comprendidos en el torno de Merlina; y estamos firmemente persuadidos que, remediados éstos, el río, por sí mismo, mejorará los otros, y apenas será necesario algunos de los tres alijos, cuyo beneficio creen incalculable, así en favor de la Real Hacienda, porque se evitarían fraudes, como en el del comercio, por el ahorro de mayores gastos, averías y extravíos, que es cuanto, según nuestro saber y entender, podemos decir en el asunto y cumplimiento de nuestros respectivos oficios y obligación; y por ser así lo firmamos en Sevilla á primero de Julio de mil setecientos noventa y cuatro.—*José González.—Marcos González.—Francisco Ruiz.—Juan de Rojas.—Diego Domínguez.*»

»Prescindiendo de la opinión que los referidos pilotos emitieran respecto á la influencia que las cortas pudieran ejercer en el resto del río, su informe constituye un dato preciosísimo respecto al calado del río en aquella época en sus puntos más notables por su falta de fondo.

»Practicóse, como hemos dicho, la corta, y desde luego, evitado el bajo de menos agua, la navegación ganó, porque ya la limitaban otros que tenían alguna más; cesaron, por el pronto, las reclamaciones del Comercio, pero empezaron inmediatamente, ya porque apareció otro nuevo obstáculo de aquella misma especie, ya porque, á consecuencia del aumento del tráfico con las colonias, la frecuentación de los buques era mayor, y por consiguiente, las dificultades se hacían más frecuentes.

»Á pesar de las críticas circunstancias porque se atravesó al principio de este siglo, continuamente se solicitó por esta población, su Comercio y sus Autoridades, para que se atendiera convenientemente á formar un vasto plan para mejorar la navegación; la experiencia les había enseñado que nada podía obtenerse con obras aisladas. Multitud de empresas, alentadas con el inmenso porvenir que ofrecía la realización de tan importantísima mejora, trataron de constituirse con ese objeto; y por fin, tantas y tan enérgicas fueron las reclamaciones, y tanta la importancia que por el Gobierno y el país entero se daba á la cuestión, que se autorizó la constitución de una Compañía, con privilegios tales, que ninguna otra los ha disfrutado en España ni fuera de ella. (1)

»No es nuestro ánimo, ni tampoco la ocasión oportuna, juzgar la conducta seguida por la Compañía del Guadalquivir, y solamente consignaremos que, por desgracia, en el largo período que gozó de un favor omnímodo y absoluto, se dedicó más bien á disfrutar de los privilegios que obtuviera, que á cumplir el principal objeto de su constitución, limitándose á ejecutar una sola obra de importancia entre las muchas que se le fijaron, y estableciendo la navegación entre Sevilla y Cádiz por medio de unos vapores de muy escaso calado.

La primera obra que ejecutó la Compañía fué la corta del torno del Borrego, ó sea de San Fernando, para evitar aquel torno, y los bajos de la Venta

(1) Se creó la Compañía del Guadalquivir por Real Cédula de 8 de Agosto de 1815.—*(Nota del autor de la Memoria.)*

de la Negra, Casas Reales y la Higuera. Esta obra se emprendió en el año 1816, y se llevó á cabo por el mismo sistema y en idénticas condiciones que la de Merlina, teniendo mil seiscientos metros de longitud, cuarenta y cinco de ancho y siete de profundidad, respecto al nivel de la bajamar más escorada. (1)

»Con esta obra se consiguió que los buques, después de haber alijado en la Horcada para subir los bajos de la Ermita, el Mármol y la Mora, llegasen, sin repetir aquella operación, hasta la huerta *Amalia,* en la embocadura del brazo del Este, donde siempre tenían que volver á hacerlo para pasar los bajos de la Isleta, Coria, la Magdalena, Copero, Pitas y Gordales y llegar hasta Sevilla.

»Después de esta obra nada hizo la Compañía, si se exceptúa un poco de dragado inútil, y dos tentativas, inútiles también, para cerrar el brazo del Rosario, hasta que en 1839 construyó unos diques ó espigones para mejorar el bajo de los Gordales.

»No se contentó la Compañía con descuidar la ejecución de las obras necesarias, sino que en diferentes Memorias y Exposiciones, algunas de ellas suscritas por Ingenieros notables de aquella época, manifestó la convicción de que era imposible hacer nada con éxito para mejorar la navegación, por más sumas que se gastasen, tratando, por consiguiente, de variar el objeto de su establecimiento para seguir disfrutando de sus beneficios.

»Mientras tanto, la navegación no se mejoraba; los buques de pequeño calado, construídos expresamente por la Compañía para hacer la travesía á Cádiz, encontraban obstáculos, y se veían obligados á aprovechar las mareas para pasar los bajos de la Isleta, etc.; y aun así, con frecuencia varaban á poco que las perdiesen. Pocas personas habrán hecho la travesía en cuestión, hasta 1863, que no hayan comprobado la verdad de lo que decimos, á pesar de calar los referidos buques menos de seis piés.

»Visto el ningún resultado que daba la Compañía del Guadalquivir, y creciendo de día en día las reclamaciones de este Comercio, se pensó en la organización de varias Empresas con el mismo objeto que aquélla, entre otras la de la *Provincia Bética,* que se comprometió, según puede verse en su Exposición á S. M. en 9 de Junio de 1839, á mantener *siete piés* de agua en las bajas mares en todos los bajos del río, siendo recibido su proyecto con aplauso unánime, y considerando la empresa como *importantísima y colosal* por las Corporaciones todas que informaron en el asunto. Sin embargo, la Compañía de que nos ocupamos no llegó á constituirse porque no la autorizó el Gobierno, subsistiendo, por lo tanto, la del Guadalquivir, que no volvió á ejecutar trabajo de ninguna especie.

»Desde esa época no cesaron ni un momento las reclamaciones para que se atendiese convenientemente á las obras; no hay un solo año en que no se hicieran diferentes exposiciones al Gobierno, presentadas y apoyadas constantemente por los Diputados de estas provincias; y, por fin, después de mucho tiempo, el Gobierno, vista la insistencia de las reclamaciones de esta provincia y las limítrofes, decidió hacerse cargo de las obras y proceder con actividad á su ejecución. En 1852 se adoptó esta medida y se encargó al señor Ingeniero, D. Canuto Corroza, de la formación del proyecto general que había de seguirse en tan importante trabajo, verificando, mientras tanto, aquellas obras que parecieran más

(1) A júicio del autor de esta Memoria, el Sr. Pastor comete error de pluma al suponer que la corta Fernandina se abrió con siete metros de profundidad, á partir desde la bajamar. En aquellos tiempos no se contaba con los medios necesarios para ejecutar semejante obra, y menos en el corto tiempo que duró la apertura de esta corta. La profundidad de siete metros debe contarse desde el nivel general del terreno de la margen, correspondiendo cinco ó seis metros á alturas superiores á la baja, y uno ó dos á alturas inferiores á ella.

Empezáron las obras de la corta Fernandina en 1.° de Junio de 1816, y se terminaron en 16 de Noviembre del mismo año; trabajaron diariamente de 2.000 á 3.000 hombres, y costó 2.800.000 reales.—*(Nota del autor de la Memoria.)*

urgentes, consistentes en la construcción de algunos espigones para defender puntos determinados de las márgenes y en dragados en los puntos de menos fondo.

»El anuncio sólo de que la Administración se hacía cargo de las obras, y la designación de persona tan competente y tan justamente apreciada en la localidad para la formación del proyecto, reanimó extraordinariamente la opinión, haciendo esperar una pronta solución en la cuestión vital para Sevilla, y, llenos de esa confianza, el Comercio y las Corporaciones ofrecieron espontáneamente al Gobierno contribuir con la mitad al coste de las obras, siendo éste el primer ejemplo de esta clase de ofrecimientos. Y bien seguro es que, si por obtener el resultado, se les hubiera exigido la totalidad, unánimemente hubieran aceptado; tal era el ansia que había en este pueblo por ver á salvo los respetabilísimos y cuantiosos intereses que, por tanto tiempo, venían siendo hondamente lastimados.

«Aceptóse el ofrecimiento inmediatamente y, como hemos dicho, se empezaron los trabajos de dragado y la construcción de algunos espigones, continuando de esta manera, aunque sin ningún resultado, hasta 1859, que se aprobó el proyecto. Contribuyendo ya las Corporaciones y el Comercio, teniendo, por lo tanto, un doble interés en el éxito de los trabajos, y observando que no se tenían resultados; construyéndose diferentes líneas de ferrocarril, que facilitaban por todas partes las comunicaciones, y permaneciendo siempre para Sevilla el mismo obstáculo en su río, se encontraba en una situación muy desventajosa, se perjudicaban mucho sus intereses y volvieron de nuevo las quejas y dudas, que se calmaron con la aprobación del proyecto, nueva esperanza que se abría á sus justísimos y vehementes deseos.

»Sin embargo, como durante tanto tiempo todo el mundo se había ocupado de la cuestión, á consecuencia de la grandísima importancia que tenía, y existían diferentes opiniones, contradictorias algunas, sobre hechos determinados que entraban por mucho en la determinación del sistema que se adoptaba para las obras, no dejaron de surgir dificultades al informar sobre el proyecto las diferentes corporaciones que debían hacerlo; cosa bien fácil de descubrir en los informes mismos, que indican algunas dudas sin expresarlas claramente por temor de paralizar la marcha de los trabajos, que era lo que más temía Sevilla, porque creía alejar con esto la realización de sus deseos, haciéndola tal vez imposible si se perdía la oportunidad de aplicar á su río los grandes recursos de que entonces se disponía. Con este germen de desconfianza, y observados más atentamente que nunca por todo el mundo, empezaron los trabajos con arreglo al proyecto aprobado en el año 1859.

»Desgraciadamente el éxito no correspondió á las esperanzas de algunos y los deseos de todos, y después de cuatro años de contínuos trabajos, de abiertas las cortas de la Isleta y San Jerónimo, y de dragado constante en los bajos, en nada se mejoró el río, causando más perjuício que nunca al comercio, despertando, con más fuerza que hasta entonces, la desconfianza de llegar á obtener una navegación conveniente, mostrándose recelosas las Corporaciones y el Comercio de haber hecho sacrificios inútiles, produciendo todo un malestar y una situación dificilísima en perjuício de todos. (1)

»A muchas y muy diferentes causas se atribuía esta situación, y, después de muchas gestiones, se aprovechó un fausto suceso para estas provincias á fines de 1862, para cambiar el estado en que se encontraba la obra predilecta y de más interés para Sevilla.»

(1) Desde el principio de 1853, á 31 de Diciembre del 62, los Ingenieros Sres. Corroza, Cardenal y Cortés, construyeron, aparte de otras obras de menor cuantía, las siguientes:

Cerramiento de los caños Real y Rosario.

Iniciación de la corta de Hernando que, posteriormente, se cerró.

Id. de la corta de los Jerónimos.—*(Nota del autor de la Memoria).*

»Poco después de este cambio fuí encargado de las obras, en circunstancias bien críticas por cierto. (1) Después de setenta años de muchos trabajos ejecutados y de grandes sumas gastadas, el río, en las mismas ó peores condiciones que entonces; una comarca entera impaciente, hasta cierto punto con justicia, por obtener el resultado á que le daba derecho su inmensa importancia primero, sus muchos y constantes sacrificios después; paralizado el desarrollo de su riqueza por un obstáculo constante; grandes dudas sobre el éxito de lo proyectado, al menos considerada prácticamente la cuestión; apuntando una crisis que, desgraciadamente, se ha presentado y que obligaba á no perder un instante que podía ser preciosísimo y que tal vez decidiera de la ejecución ó paralización de las obras con todas sus naturales consecuencias; y, por último, otras consideraciones que comprenderán, desde luego, los que están llamados á juzgar del resultado de las obras.

»Era, pues, preciso proceder con gran actividad para neutralizar, en parte, el tiempo perdido, y, sobre todo, era urgente manifestar desde luego una ventaja, aunque fuese en pequeña escala, evitando todo aquello cuyo éxito ó medios de ejecución fuese siquiera dudoso, y buscando al mismo tiempo hechos claros, terminantes, que no dejaran el menor átomo de duda, para apoyar y justificar las modificaciones que, según nuestra opinión, era preciso introducir en el proyecto. Esto ofrecía, además, la ventaja de que se emprendían las obras allí donde eran más urgentes, y que, por lo tanto, desde luego se ofrecerían mayores facilidades á la navegación, tomando, mientras tanto, tiempo y datos para resolver las dudas que existían sobre otros puntos.

»Antes de entrar en este examen diremos dos palabras sobre el estado en que encontramos el río para precisar bien los hechos y que puedan apreciarse con exactitud los resultados.

»En la Ermita, el Mármol y la Sária, los buques, aprovechando las pleamares de los plenilunios ó novilunios, no podían pasar sin alijos si tenían más de doce piés de Burgos, y una vez llegados á la boca alta del brazo del Este, y aprovechando las pleamares, no podían pasar con más de nueve piés, sin hacer alijos, los bajos de la Isleta, Magdalena, Coria, Copero, Pitas y Gordales, lo que arrojaba un calado máximo de *cuatro piés en las bajamares*.

»Estos datos, desgraciadamente, eran conocidos, no sólo de los marinos, comerciantes y navieros, sino del público y de todo el que, una vez siquiera, hubiese hecho la travesía á Cádiz en los vapores destinados al objeto, los cuales, á su máximun de carga, calaban sólo seis piés y se veían precisados á aprovechar las mareas para transitar sin tropiezo, varando con frecuencia cuando, por circunstancias especiales, perdían su itinerario.

»El vapor *Destello*, destinado como remolcador á estas obras, con un calade próximamente igual á los que hemos citado, se veía imposibilitado de hacer los remolques durante algunas horas, porque no hallaba agua suficiente en los bajos para salvarlos.

»Creemos inútil insistir sobre este punto, por desgracia tan conocido, mucho más teniendo en cuenta que el señor Inspector, en su visita, ha tenido lugar de comprobarlo con documentos y datos oficiales.»

§ III

Años 1863 á 1868

Obras construídas por el Sr. Pastor y Landero.

Hasta aquí el relato del Sr. Pastor, que termina en la época en que este Ingeniero se encargó de las obras; después, con las grandes energías que le caracterizaban, prescindiendo de todo lo accesorio de la cuestión, fijándose sola-

(1) El Sr. Pastor y Landero se encargó de la Dirección de las obras de la ría del Guadalquivir por R. O. de 10 de Enero de 1863.

mente en obtener resultados, y resueltamente apoyado por el Comercio de Sevilla, puede decirse que realizó la mayor parte de la mejora de la navegación del Guadalquivir, en un período de cinco años y con extraordinarios resultados, construyendo las obras que se van á enumerar, aceptando algunas de las prescripciones del proyecto del Sr. Corroza, modificando otras, redactando el proyecto de mejora del puerto, aprobado por Real orden de 10 de Abril de 1862, y construyendo las obras de muelles en él comprendidas.

Obras de mejora de la navegación.

En la mejora de la navegación del río Guadalquivir construyó el señor Pastor las obras siguientes (que se representan también en el plano, anejo número 1), copia exacta del autorizado en 1868 por aquel ingeniero:

Espigones de defensa en la margen derecha, frente á la Cartuja.

Espigones de defensa en la margen izquierda, frente á las Delicias.

Estrechamiento del río con diques longitudinales y dragado en el bajo de los Gordales.

Espigones de defensa en el encuentro de San Juan de Aznalfarache.

Estrechamiento del río con diques longitudinales y dragado en las Pitas.

Espigones, desmonte y dragado en la Punta del Verde.

Estrechamiento, con diques y dragado, en el bajo del Copero.

Estrechamiento, con diques y dragado, en el bajo de la Magdalena.

Estrechamiento, con diques y dragado, en el bajo del Mimbral.

Estrechamiento, con diques y dragado, en el bajo de la Isleta.

Cerramiento de la corta de Hernando.

Obras de cerramiento del brazo del Este.

Dragado en la corta de los Jerónimos, y

Dos casetas de guardas.

Conseguía el Sr. Pastor los estrechamientos de cauce por medio de diques longitudinales y transversales, formados por cuadrículas de pilotes hincados en el cauce y convenientemente arriostrados por sus cabezas; á los pilotes se unían, por medio de flejes de hierro, copas de encinas, que se colocaban invertidas, llegando á las proximidades del fondo.

El cerramiento de los caños y cauces secundarios se hacía con obras del mismo género, y además se sumergían embarcaciones inútiles, lastradas con piedra.

Fácil es colegir que la eficacia de estas obras, bajo el punto de vista de disminuir las velocidades, provocando aterramientos, no era grande, ni tampoco podía contarse con su permanencia, resistiendo victoriosas los ataques producidos por las avenidas, que, por cierto, no se presentaron en la época del señor Pastor.

Si además se tiene en cuenta que la superficie de cauce verdaderamente ocupada en cada lugar por las obras, era pequeña con relación á la que se debía abarcar para llegar al trazado de las márgenes que aquél adoptara, se podrá concluir sentando la importante consideración de que aquel Ingeniero, á pesar de la gran cantidad de obras que ejecutara, no hizo otra cosa que iniciar la regularización del cauce navegable y comenzar el establecimiento de las nuevas márgenes que éste exigía.

Obras de mejora del puerto.

En el puerto de Sevilla construyó:

Muelle y su zona de servicio, longitud 1.376 metros.

3 tinglados para mercancías.

3 grúas fijas.

Adoquinado y vías en la mitad próximamente de la longitud de los muelles.

Talleres.

Dragados importantes en el puerto.

Gastos realizados por el Sr. Pastor.

Las sumas gastadas desde Enero de 1863 hasta 24 de Enero de 1868, período del Sr. Pastor, ascendieron:

	Pesetas.
Obras de mejora de la navegación y edificios de Talleres y Almacenes.	6.187.294'98
Obras en el puerto.	4.899.463'89
Total.	11.086,758'87

Consecuencia de las obras construídas por el Sr. Pastor y Landero.

Fueron tan grandes, tan inesperados y tan rápidos los éxitos del señor Pastor, al obtener una navegación de más de 17 piés efectivos, cinco años después de haber empezado sus obras; fueron éstas de tal importancia, y se emplearon en su construcción sumas de tal modo considerables, que la Superioridad no pudo menos de intervenir de una manera eficaz, ordenando una visita de inspección, que realizó, en el año de 1868, el inspector general Sr. D. José Gómez Ortega.

Visita de inspección y sus resultados

En esta visita debían juzgarse las modificaciones introducidas, el tiempo de la construcción en las obras proyectadas, determinando su procedencia ó improcedencia, sancionando, al mismo tiempo, los procedimientos administrativos de ejecución que el Sr. Pastor y Landero había manejado, si con soltura algún tanto excesiva ante las prescripciones administrativas, con necesidad indiscutible para producir mejoras en la situación en que se encontraban las obras.

El resultado de la inspección se consignó en la Orden del Poder ejecutivo, fecha 8 de Junio de 1869, en la que, después de dar las gracias y de eximir de responsabilidad al Sr. Pastor, quedaron virtualmente aprobadas las modificaciones introducidas en el proyecto del Sr. Corroza, viniendo de esta suerte á crearse, con la Memoria del Sr. Pastor y con el Informe del Sr. Inspector, un nuevo código, un nuevo cuerpo de doctrina, que debía ser tenido en cuenta: Primero, para terminar en lo sucesivo las obras de márgenes que, iniciadas por el Sr. Pastor, no habían llegado á su completo desarrollo, ni á producir todos sus efectos en el cauce; y segundo, para la conservación intensa y progresiva que se había de hacer en estas obras de márgenes, con frecuencia destruídas por las avenidas del río Guadalquivir, que debían reponerse en todos los casos, según las circunstancias que en cada momento se determinaran, por la extrema variabilidad del fondo de la ría y por las diarias necesidades de la navegación.

Concepto oficial de la conservación de las obras de márgenes, deducido de la visita de inspección.

Hay que explicar bien el concepto de conservación de las obras de márgenes; no significa solamente la reposición del pilote que se destruye, ó del dique ó espigón que arrastra la avenida, destinados á dejar las obras en el estado en que se construyeron y que tenían antes de la crecida; significa la conservación de la canal que permitía el paso de cierta navegación. El verdadero concepto hubiera estado, y estaría mejor expresado, diciendo, en lugar de conservación de obras de márgenes, conservación, mantenimiento y paulatina mejora de una canal navegable en ciertas condiciones de profundidad.

Este concepto de la conservación, por todo extremo racional, se abona, entre otras razones, por aquella que se funda en el hecho de que á todas las obras de márgenes, á su conservación y reparación, acompañan siempre dragados de más ó menos importancia, que se establecen según el estado circunstancial del relieve del lecho, y que ejercen notable influencia en la permanencia y resultados de las obras de márgenes propiamente dichas.

§ IV

Años 1868 á 1870

Escasez de recursos en las obras y su paralización.

En Enero de 1868 cesó el Sr. Pastor en la Dirección de las obras del puerto de Sevilla, y, á partir de este momento, habiendo empezado á disminuir notablemente los recursos hasta la revolución de 1868, y haciéndose más escasos

todavía á partir de esta época, empezó para las obras un período de tan grande falta de recursos que no se pudo ni aun atender á la conservación de las ejecutadas, limitándose los Ingenieros á realizar la custodia de los terrenos ganados á la ría y del importante material de construcción entonces existente.

Creación de la Junta de Obras.

Este estado de cosas no podía continuar por mucho tiempo, si los sacrificios hechos, y si las respetables sumas gastadas no habían de resultar en gran parte estériles; y como era urgente tomar alguna providencia, el Comercio de Sevilla, reunido en Junta general, y fundándose en el decreto, después ley, de 28 de Noviembre de 1868, que vino á crear una nueva legislación para obras públicas, solicitó del Excmo. Sr. Ministro de Fomento la creación de una Junta que se encargase de la conservación de las obras ejecutadas y de la prosecución de las que restaban por construir.

Esta solicitud fué, como no podía menos de suceder, justa y favorablemente atendida, y motivó el decreto del 25 de Noviembre de 1870, por el cual se autorizó la creación de una Junta que se encargase de la ejecución de las obras indicadas, concediéndole, al mismo tiempo, arbitrios y recursos especiales para atender al cumplimiento de su importante misión.

§ V

Resultados obtenidos con las obras ejecutadas desde 1794 hasta 1870

Calados disponibles en esta época.

Las variaciones de orden general y las vicisitudes de la navegación de toda ría, en un período determinado, no tienen mejor manera de representarse que por las variaciones de los calados de que se haya podido disponer en cada momento.

A continuación se indican las variaciones de este orden sufridas por la del Guadalquivir durante el período comprendido desde el principio de las obras á la creación de la Junta:

Denominación de los bajos.	AÑOS 1794 — Metros	1856 — Metros	1863 — Metros	1867 — Metros	1870 — Metros
Los Gordales. . . .	»	1,58	1,26	3,92	3,80
Las Pitas.	2,75	1,15	2,10	4,76	3,60
Copero.	1,89	2,30	1'96	3,92	3,60
Torre de los Herveros.	1,12	Suprimido en 1795 con la Corta Merlina.			
Magdalena.	»	1,70	1,68	4,48	3,20
Coria ó Repudio. . .	1,47	1,90	1,82	4,48	3,20
Isleta.	1,47	1,64	1,12	3,92	2,40
Higuera.	1,47	Suprimidos en 1816 con la Corta Fernandina.			
Casas Reales. . . .	1,47				
Venta de la Negra.. .	1,89				
Sariá.	1,89				
El Mármol.	1,89	2,20	»	»	3,40
Abundancia.	»	»	»	»	3,20
La Mora.	»	»	»	»	2,20
Ermita..	1,89	»	»	»	3,00
Arafes.	»	»	»	»	3,50
Calado disponible para navegar. Mareas vivas.	2,59	2,62	2,59	5,39	3,96

OBSERVACIONES

CARRERA MEDIA DE MAREA EN SEVILLA

Año 1794 { Vivas. . . . . . $1,^{m}47$ — Muertas. . . . . $1,^{m}12$ }

Año 1870 { Vivas. . . . . . $1,^{m}76$ — Muertas. . . . . $1,^{m}24$ }

LONGITUD DE RIO entre Sevilla y la Barra.

Año 1794. Longitud total kmts. 127,50

ACORTAMIENTOS

Año 1795. Merlina. . . 10,00 }
Año 1816. Fernandina. 16,00 } 26,00

Año 1870. Long. total kmts. 101,50

Demuestra este cuadro por modo elocuente: 1.º Que la ría ha obedecido sumisa, en todos los tiempos, á los mandatos que dictaban el conjunto de las obras ejecutadas, mejorando proporcionalmente á la importancia de las construídas en cada período. Y 2.º Que el más próspero estado de la navegación pertenece al año 1867, fin del período de las obras del Ingeniero Sr. Pastor. Se disponía entonces de 5,39 metros de calado, equivalentes á 17 y medio piés ingleses; y si á esto se añade que el mismo Ingeniero construyó, como antes se ha dicho, 1.376 metros lineales de muelle, en el que se atracaba al longo de los barcos, dotándolo de grúas y vías férreas, que permitían colocar los vagones á pocos metros de la borda de los buques, se comprenderá sin esfuerzo que el Sr. Pastor fué el creador del puerto de Sevilla y de su navegación, y que ésta y aquél fueron elevados á un estado de progreso notabilísimo para aquella época, dada la situación de los puertos entonces, no sólo nacionales, sino extranjeros, colocando al de Sevilla, con el gigantesco esfuerzo que realizara aquel carácter, entre los puertos europeos de primer orden.

Enseñanzas proporcionadas por los resultados obtenidos por el Sr. Pastor.

El Sr. Pastor demostró también, con los rápidos resultados que obtuvo con iniciar solamente la regularización del cauce (pues más allá no fueron sus obras), que la ría del Guadalquivir se puede mejorar, como cualquier otra ría, sin que presente mayores dificultades que la generalidad de ellas.

También demuestra el examen del estado de calados, con bastante claridad, que á la inercia y apatía en la ejecución de las obras y en su conservación y mejora progresivas, corresponden siempre períodos de decrecimiento y de disminución de los calados disponibles y de las facilidades de la navegación.

§ VI

Recursos con que se ejecutaron las obras

Sumas invertidas desde 1853 á 1870.

Desde 1853 hasta la creación de la Junta se gastaron las cantidades siguientes:

	Obras de mejora de la navegación. — Pesetas.	Obras en el puerto. — Pesetas.	TOTALES — Pesetas.
Desde 1853 á 31 Diciembre 1862.. .	1.640.057'88	122.240'30	1.762.298'18
Desde Enero 1863 á Enero 1868. . .	6.187.294'98	5.524.131'91	11.711.426'89
Desde 24 Enero 1868 á 31 Dicbre. 1870.	125.302'17	338.152'50	463.454'67
Totales.	7.952.655'03	5.984.524'71	13.937.179'74

Es decir, que hasta 31 de Diciembre de 1870 íban invertidas en las obras de mejora del puerto de Sevilla y su ría, 13.937.179'74 pesetas.

Entidades que proporcionaron las sumas invertidas en esta época.

Según convenios oportunamente celebrados, la mitad de esta suma debió ser aprontada por el Estado, y lo restante por la Diputación provincial, el Ayuntamiento y el Comercio de Sevilla, dividiéndose esta segunda mitad entre las tres Corporaciones interesadas, á razón de dos séptimos para cada una de las dos primeras y de tres séptimos para la tercera.

De no haberse invertido en las obras más cantidades que las que los diversos copartícipes en ellas se habían comprometido á entregar anualmente, que ascendían, mientras el compromiso se refería tan sólo á las de mejora de la navegación del río, á 350.000 pesetas, y á 750.000 cuando, posteriormente, se hizo extensivo á las del puerto, hubieran transcurrido muchos años antes de haber logrado verlas completamente terminadas; comprendiéndolo así la Supe-

rioridad, empezó, desde principios del año 1860, y más á partir de Enero de 1863, á adelantar cuantiosos fondos para su construcción, con lo cual el señor Pastor logró darles un desarrollo verdaderamente notable y extraordinario.

Desde la primera de aquellas fechas, las Corporaciones locales, en lugar de hacer entrega de sus cuotas á la Comisión administrativa de las Obras, que hasta entonces había cuidado de la recaudación é inversión de los fondos, las ingresaban en Tesorería, y de este modo el Estado ha podido, poco á poco, sin haber logrado conseguirlo por completo, ir reintegrándose de lo mucho que, por cuenta de aquellas entidades, y en la proporción respectiva, tenía adelantado.

Sólo el Comercio de Sevilla cumplió los compromisos contraídos, entregando para las obras unos 3.000.000 de pesetas; cantidad mayor que la que le correspondía, dando, de esta suerte, ejemplo raro de patriotismo y de severa formalidad.

§ VII

Años 1871 á 1879

Orras de mejora del puerto construídas por el ingeniero don Jaime Font.

Desde el año de 1870, en que se constituyó la Junta de Obras del puerto de Sevilla, hasta 1879, media un espacio de tiempo que abraza un período de desórdenes políticos y de escasez de recursos económicos en la Junta, y por tanto, el Ingeniero D. Jaime Font, que estuvo al frente de las Obras, se limitó á tratar de sostener las de márgenes ejecutadas por el Sr. Pastor, que existían en el principio de su gestión; á reparar y conservar el material flotante, los edificios, los muelles, sus vías y pavimento, y á ejecutar las obras de nueva instalación de una grúa fija de 40 toneladas de potencia, adquirida de la casa Fairbain and C.°, de Manchester; las de construcción de tres tinglados, las de adoquinado de la mayor parte de la zona de servicio, establecimiento de norays de amarra y las de ensanche de la corta de los Jerónimos, hasta dar á un pequeño trozo de ella la latitud de 50 metros.

Sumas invertidas en estas obras.

Costaron estas obras nuevas las cantidades siguientes:

	Pesetas.
Grúa fija de 40 toneladas, terminada en 1875.	106.053‘24
Adoquinados, tinglados y norays.	407.615‘62
Ensanche de la corta de los Jerónimos: 1878 y 1879.	152.354‘29

Es de notar que, dentro de este período, en 1876, aparecieron desperfectos de importancia y movimientos de consideración en el muro del muelle, coincidentes con la bajada de las aguas de la avenida de aquel año.

Obras de mejora de la navegación.

Ahora bien; como quiera que el principal fin que en todos los tiempos se han propuesto los Ingenieros encargados de las Obras ha sido realizar mejoras en el cauce y canal navegable, parece acertado indicar, especialmente entre las ejecutadas en cada época, las que tienen aquella finalidad, como medio el más seguro de dar idea del progreso obtenido en los diversos períodos.

Y así debe procederse, porque, después de todo, la mayor parte de los gastos de administración, de los que se realizan en el material afecto á las Obras, y en casi todos los servicios que éstas comprenden, no tienen, en realidad, otro objeto que llegar á la construcción de las que han de modificar las márgenes y á la ejecución de dragados en la canal, que, con las primeras, tienden á un tiempo al mejoramiento progresivo de la navegación.

Sistema de estas obras.

Sabido es que el encauzamiento de la ría del Guadalquivir y la regularización de sus márgenes se hace ahora, y se ha hecho después de la época del

Sr. Pastor, por medio de entramados de madera rolliza, formados por pilotes hincados y arriostrados que encofran y contienen faginas de ramaje, lastradas ó sin lastrar, que se llaman en la localidad *salchichones*.

Estos entramados se disponen, según los casos, en forma de espigones de dirección transversal, que, arrancando de la orilla, penetran en las aguas en mayor ó menor cantidad, y en forma de diques longitudinales que cierran los espacios comprendidos por los espigones ó diques transversales.

La altura ocupada por los salchichones dentro de los entramados no ha sido siempre la misma; hasta hace poco (1896) los encofrados se rellenaban solamente hasta la bajamar, colocando los salchichones en sentido paralelo á la corriente; después se han hecho y se hacen los rellenos hasta la altura de plea, poniendo las faginas en sentido perpendicular á aquélla, formándose verdaderos tabiques, compuestos de una sola fila de faginas.

UNIDADES DE OBRAS DE MEJORA DE LA CANAL CONSTRUÍDAS DESDE 1871 Á 1879.

Por consiguiente, dado el modo de ser de las unidades de obra que se emplean en la regularización de las márgenes, para indicar la importancia que han adquirido en todos los tiempos las obras de mejora de la canal navegable, se presentarán para las diversas épocas, datos sobre el número de pilotes hincados, de riostras empleadas, de salchichones encofrados y de metros cúbicos que se hayan dragado.

En los nueve años que comprende la época que ahora nos ocupa, desde 1871 á 1879, se hicieron las obras de mejora de la canal, representadas por las siguientes unidades:

Pilotes hincados.	28.585	Término	medio	anual.. .	3.173
Riostras empleadas.	000.000	Id.	íd.	íd. . .	000.000
Salchichones encofrados. . .	28.894	Id.	íd.	íd. . . .	3.210
Metros cúbicos dragados. . .	237.766	Id.	íd.	íd. . .	26.418

Gasto total realizado en estas obras: 1.076.567'29 pesetas.

Término medio anual: 119.618.58 pesetas.

PROYECTOS REDACTADOS.

En esta época se redactó el proyecto de terminación de las obras de la zona de servicio del muelle.

GASTO TOTAL DESDE 1871 Á 1879.

De 1871 á 1879, ambos inclusive, se gastaron en conservación, reparación, obras nuevas y en todos los servicios dependientes de la Dirección facultativa, la suma de 2.390.061'47 pesetas.

§ VIII

AÑOS 1880 Á 1890

OBRAS DE MEJORA DE LA CANAL EN ESTA ÉPOCA.

Entre 1881 y 1890, ambos inclusive, se comprende una época de once años; las Obras, durante ella, estuvieron á cargo del Ingeniero D. Luís Gracián y Reboul, el que, disponiendo de mayores recursos, por haberse normalizado ya la situación de la Junta, continuó las obras de reparación y conservación de márgenes y las de dragado de la canal, ejecutando todas éstas con alguna mayor intensidad que en la época anterior, como se demuestra á continuación:

Pilotes hincados..	52.725	Término	medio	anual.. .	4.793
Riostras empleadas.. . . .	53.077	Id.	íd.	íd. . .	4.825
Salchichones encofrados. . .	110.505	Id.	íd.	íd. . .	10.045
Metros cúbicos dragados. . .	556.540	Id.	íd.	íd. . .	50.594

Gasto total realizado en estas obras: 2.060.803'67 pesetas.

Término medio anual: 187.345'78 pesetas.

CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN DEL MATERIAL Y DEL MURO DEL MUELLE.

También atendió el Sr. Gracián á la ampliación, conservación y reparación del material para ejecución de obras, adquiriendo una caldera para la draga *Fomento*, tres martinetes de vapor y algunas máquinas útiles para el taller. Se ocupó de la reparación del muelle, ejecutando, no solamente las obras que tenían por objeto la composición de los desperfectos que íban ocurriendo, sino también las que parecieron adecuadas para evitar los que pudieran presentarse en lo sucesivo, y que fueron la construcción de aligeramientos en los terraplenes que empujan al muro, en el punto en que parecía más amenazado, y el refuerzo de las fundaciones de una buena parte de su longitud, aumentando la altura de las tablestacas de defensa y recalzando con saquillos de hormigón las socavaciones que presentaba el terreno, debajo del macizo interior de la fundación.

OBRAS NUEVAS EN LA RÍA Y ADQUISICIÓN DE GRÚAS.

Como obras nuevas de mucha importancia, construídas en la época del Sr. Gracián, deben mencionarse las de encauzamiento de la región superior al Puente de Triana y las de terminación de la apertura de la Corta de los Jerónimos. Consistió esta última en la ejecución de los dragados necesarios para aumentar su latitud hasta 100 metros y dejar una profundidad de 4'20 metros á bajamar en los 5.220 metros de longitud que tiene la corta.

También se llevaron á cabo las instalaciones de varias vías en el muelle, y la de seis grúas de vapor movibles de una potencia de 5 á 10 toneladas y de 6'50 metros de alcance.

Se recibieron las obras de encauzamiento en la región superior en 3 de Agosto de 1885, y costaron 607.251'35 pesetas.

Se recibieron las de ensanche de la Corta de los Jerónimos en 20 de Noviembre de 1888, y costaron 3.646.816'60 pesetas. (1)

Se recibieron las grúas de vapor, suministradas por la casa belga Jhon Cockerill, en 19 de Julio de 1889, y costaron la suma de 136.000 pesetas.

REAL DECRETO DE 29 DE ABRIL DE 1881 CONCEDIENDO Á LA JUNTA 500.000 PESETAS ANUALES DE SUBVENCIÓN.

El notable impulso que representa para el progreso de la navegación y del puerto de Sevilla la ejecución de estas obras nuevas, fué debido principalmente á lo dispuesto en el Real Decreto de 29 de Abril de 1881, refrendado por el Excmo. Sr. D. José Luís Albareda, en que ordenaba la ejecución de las de la región superior al puente de Triana, proyectadas por D. Canuto Corroza; y además, y esto es lo más importante, se concedió por el citado Decreto, y por tiempo indefinido, una subvención fija y anual de 500.000 pesetas para las obras del puerto de Sevilla.

PROYECTOS REDACTADOS EN ESTA ÉPOCA.

Desde 1880 á 1890 se redactaron los proyectos siguientes: Pliego de condiciones facultativas para la subasta de las obras de dragado en el ensanche de la Corta de los Jerónimos.

Pliego de condiciones para adquirir por concurso una caldera para la draga *Fomento*.

Pliego de condiciones para adquirir por concurso seis grúas de vapor, movibles, de 6'50 metros de alcance; dos, de cinco toneladas, y cuatro, de diez toneladas de potencia.

Proyecto de apertura de una corta en la isla Hernando.

GASTO TOTAL DESDE 1880 Á 1890.

En los once años que median entre 1880 á 1890, ambos inclusive, se gastaron en conservación, reparación, obras nuevas y en los demás servicios dependientes de la Dirección facultativa, la suma de 8.666.753'76 pesetas.

---

(1) La Corta de los Jerónimos ha costado en totalidad lo siguiente:

En 1860, importe del presupuesto.	545.759'48 pesetas.
En 1867, íd. íd.	1.301.468'89 íd.
En 1881, íd. íd.	4.575.039'79 íd.
En 1886, íd. primer adicional.	1.228.827'60 íd.
En 1888, íd. segundo íd.	292.344'38 íd.
	7.943.440'14 pesetas.

§ IX

Años 1891 á 1895

En este período de tiempo estuvo al frente de las obras el Ingeniero D. Juan Ezcurdia, y además de atender á la conservación del material flotante, de los edificios y del muelle, se ejecutaron, como obras de márgenes y de conservación y mejora de la canal navegable, las siguientes:

Obras de mejora de la canal ejecutadas en esta época.

Pilotes hincados.	21.625	Término medio anual. . .	4.325
Riostras empleadas.	39.085	Id. íd. íd. . .	7.817
Salchichones encofrados. . .	69.009	Id. íd. íd. . .	13.801
Metros cúbicos dragados. . .	572.649	Id. íd. íd. . .	114.529

Gasto total realizado en estas obras: 1.529.011‘01 pesetas.

Término medio anual: 305.802‘20 pesetas.

Hundimiento de un trozo del muro del muelle.

En las avenidas de 1892, en que alcanzaron las aguas la mayor altura conocida, sufrió desperfectos de importancia parte del muro del muelle, socavándose gravemente los decámetros próximos al puente de Triana, y acaeció la ruína total, por versión del muro, en 22 de Marzo de 1892, de los ciento cuarenta metros siguientes agua abajo del emplazamiento de la grúa de 40 toneladas.

Obras nuevas terminadas y empezadas en esta época.

En la época que se reseña se terminaron las obras nuevas de instalación de una línea telefónica de Sevilla á La Lisa, y se dió principio á las de apertura de una corta en la isla Hernando, á las de reconstitución de la parte arruinada del muelle, hecha por entramados metálicos, apoyados en pilotes de rosca, y á las de ampliación de medios de embarque para minerales.

En este mismo período tuvieron lugar, y empezaron á ejecutarse, los siguientes concursos:

El de adquisición de una máquina excavadora, dos locomotoras, 60 vagonetas y 4 kilómetros de vía estrecha, que constituía el material para la ejecución de la apertura de la Corta de la isla Hernando, habiendo sido adjudicados, la excavadora á la Sociedad Arsenal Civil de Barcelona, en precio de 85.355‘00 pesetas, y el material de transporte y vía, á la casa Aurrerá, de Bilbao, en pesetas 94.471‘17.

Cuatro concursos para adquisición de materiales de madera, de hierro fundido y de palastro, destinados á las obras de reparación del trozo de muro arruinado.

Concurso para adquisición de cinco gánguiles de noventa metros cúbicos de capacidad, que fué adjudicado á los talleres de Werf-Conrad, de Haarlem, en la suma de 230.547‘00 pesetas.

Gastos por obras nuevas.

En estas obras nuevas se gastaron, respectivamente, las siguientes cantidades:

			Pesetas.
	Instalación de la línea telefónica á La Lisa. . .		8.317‘89
Corta de la Isla Hernando.	Adquisición del material de transporte (vías, vagonetas y locomotoras).	85.024‘07	218.657‘31
	Primer plazo de la excavadora.. .	17.071‘00	
	Obra ejecutada.	116.562‘24	
	Suma y sigue.		226.975‘20

			Pesetas.
	Suma anterior.		226.975'20
Muelle metálico.	Adquisición por concurso de materiales (diversos plazos). . . .	261.024'82	513.600'17
	Obra ejecutada.	252.575'35	
Primer plazo de adquisición de cinco gánguiles.			57.636'75
Ampliación de medios para embarque de minerales..			65.347'43
Adquisición de dos locomotoras ténders, primer plazo.			5.524'00
	Total.		859.083'55

Proyectos redactados desde 1891 á 1895.

Desde 1891 á 1895 se redactaron los proyectos siguientes:

De instalación de una línea telefónica desde Sevilla á La Lisa.

De adquisición de un vapor remolcador y cinco gánguiles.

De reparación y construcción del trozo arruinado del muro del muelle.

De los documentos de concurso que tenían por objeto la adquisición de materiales para la ejecución de las obras de apertura de la Corta Hernando y de reparación del muelle.

De adquisición de dos locomotoras ténders para el servicio de maniobras y conducción de mercancías desde las estaciones al muelle.

De ampliación de muelle para embarque de minerales.

Ampliación de la jurisdicción de la Junta en la ría y aparición del tráfico intenso de minerales.

Dos hechos de la mayor importancia para el puerto de Sevilla acaecieron en la época de 1891 á 1895: en 10 de Agosto de 1892 se dictó una Real Orden, en virtud de la cual se extendía de una manera definitiva y terminante la jurisdicción de la Junta y de la Comandancia de Marina, que antes llegaba solamente hasta el Caño del Yeso, hasta la desembocadura del Guadalquivir, sus bajos y escollos interiores y exteriores; se dispuso en la misma el estudio de un proyecto de valizamiento nocturno de la desembocadura y el de ampliación de la línea telefónica que llegaba á La Lisa, hasta Chipiona, trayendo de esta suerte á la consideración de la Junta y de la Dirección facultativa, como era racional, urgente é indispensable, la mejora de la totalidad de la ría del Guadalquivir, comprendiéndose en su estudio, además de la mejora de la región alta, la de la región baja y la mejora de la desembocadura en la Broa de Sanlúcar.

Además, en el mes de Abril de 1895 apareció en el puerto de Sevilla la exportación intensa y en grande escala de minerales hematites y oligistos procedentes del criadero *Cerro de Hierro*.

Este nuevo tráfico motivó la necesidad de disponer de las locomotoras antes mencionadas, y cambió radicalmente el modo peculiar de ser del tráfico marítimo del puerto de Sevilla, añadiendo al tráfico de mucho valor de mercaderías generales, que se navegaba generalmente en buques poco cargados, un tráfico especial de pequeño valor, que requería para su transporte económico embarcaderos especiales, de servicio intensivo, y el empleo de los mayores buques posibles, que lo deben navegar á toda carga y con el máximo de calado disponible.

Gasto total desde 1891 á 1895.

En los cinco años que median entre 1891 y 1895, ambos inclusive, se gastaron en conservación, reparación, obras nuevas y en todos los demás servicios dependientes de la Dirección facultativa, la suma de 3.775.745'46 pesetas.

§ X

Años 1896 á 1901

Necesidad de cambiar de propósitos en la Dirección de las Obras.

En los años que median entre 1896 y 1901, tiempo en que las obras han estado á cargo del Ingeniero autor de este proyecto, sufrieron aquéllas y los servicios del puerto importante transformación.

Las órdenes de la Superioridad y la aparición del tráfico de minerales, hechos acaecidos, según hemos visto, en el período anterior, trajeron como consecuencia inevitable la necesidad de un cambio radical en los objetivos que debían tener á la vista la Junta y la Dirección facultativa de las Obras.

En 1865, á principio de la época del Sr. Pastor, dado el estado del cauce en la primera región, navegable solo para buques de 8 á 10 piés ingleses de calado, comparado con la situación en que se encontraban el de la segunda y la canal navegable de la desembocadura, que podían soportar perfectamente el paso de buques de un calado efectivo de más de 18 piés ingleses, pudo y debió ser un ideal de los elementos directivos de las Obras hacer navegable la primera región en las condiciones que naturalmente presentaban las otras dos. De aquí que ni el Sr. Pastor aspirara á más con sus proyectos, referentes todos á las obras situadas en la primera región, ni la Superioridad creyera necesario que la Comandancia de Marina y la Junta, entidades de que depende en definitiva la navegación, debieran tener en sus respectivas jurisdicciones, ni las aguas, ni las obras de la segunda región y de la desembocadura, manteniéndose en unas y en otras la división política señalada para las provincias de Cádiz y Sevilla.

Del mismo modo, como durante el tiempo transcurrido desde 1870 hasta 1895, la misión de la Junta y la de sus Ingenieros no pudo ser otra que la de terminar las obras del plan general del Sr. Pastor, haciendo estables y definitivos sus resultados, no hubo tampoco necesidad de cambiar de ideales ni de introducir ninguna variación apreciable en los objetivos y propósitos que debían tener á la vista los elementos directivos de las obras.

Programa que debía realizar la Dirección facultativa.

Pero las órdenes superiores, la presencia del tráfico de minerales, los progresos que por todas partes realiza la navegación y la necesidad de colocar al puerto de Sevilla en disposición de hacer competencia á otros puertos, siguiendo el movimiento natural de adelanto que realizan todos los de España y del extranjero, impusieron en 1896 á la Dirección de las obras nuevos ideales, aspiraciones de mayor alcance que las que tenía anteriormente, y la realización de un programa de más trascendentes consecuencias.

Este programa, evidentemente, debía constar de las partes siguientes:

Primera. Rápida terminación de las muchas obras que faltaban ejecutar para la completa realización del proyecto del Sr. Pastor, considerado en su mayor desenvolvimiento. (1)

Segunda. Reparación y ampliación del material de ejecución de obras hasta dejarlo en condiciones de abastecer á las necesidades de presente de éstas y á una gran parte de las del porvenir.

Tercera. Instalación de los servicios complementarios y auxiliares de la navegación.

Cuarta. Reparación y ampliación de muelles, embarcaderos, vías, grúas, y, en general, de todos los elementos que tienen por misión el servicio del tráfico

---

(1) Desde 1896 á 1901 se han ejecutado las obras siguientes para terminar las comprendidas en el proyecto del Sr. Pastor:

Número de espigones transversales.	1.562
Longitud total de éstos.	26 070 metros.
Metros lineales de dique longitudinal.	10.202

marítimo, hasta dejar el muelle y el puerto con sus accesorios en las condiciones que sean convenientes para la satisfacción, á la moderna, de las necesidades del tráfico que actualmente existe y del que no puede menos de aparecer en lo sucesivo, según vaya mejorando la navegación, y á medida que el progreso se realice en la producción y en el consumo de la importante región que influye el puerto de Sevilla.

Y quinta. Redacción del proyecto general de las obras de mejora de la navegación de la ría del Guadalquivir, comprendidas entre Sevilla y la desembocadura, y la mejora de las obras del puerto, propiamente dichas, que se realiza con la presentación de este proyecto.

REORGANIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.

Claro es que la consecuencia inevitable de la aceptación de este programa era llevar á cabo inmediatamente la reorganización de todos los servicios de la Dirección facultativa, ampliando algunos y creando otros, hasta dejar el conjunto en disposición de cumplir eficazmente su cometido.

Esta reorganización se llevó á cabo en el año de 1896, continuando en vigor.

OBRAS DE MEJORA DE LA CANAL EJECUTADAS EN ESTA ÉPOCA.

Para la realización del programa, antes expuesto, se ha dado gran impulso á las obras de márgenes, hasta llegar efectivamente, dentro de la primera sección de la ría, al trazado y estrechamiento propuestos por el Sr. Pastor; también se han hecho los dragados que ha permitido el material disponible en cada momento, ejecutándose las siguientes unidades de obra:

Pilotes hincados.	122.463	Término medio anual. . .	20.410
Riostras empleadas.	150.083	Id. íd. íd. . . .	25.013
Salchichones encofrados. . .	571.854	Id. íd. íd. . . .	95.309
Metros cúbicos dragados. . .	505.920	Id. íd. íd. . . .	84.320

Gasto total realizado en estas obras: 2.056.443'39 pesetas.

Término medio anual: 342.740'56 pesetas.

CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN INTENSAS DEL MUELLE Y DEL MATERIAL DE LAS OBRAS.

Con los créditos generales de conservación se han ejecutado, además de las obras que se acaban de enumerar, las de conservación ordinaria del muelle, zona de servicio y edificios del puerto; se ha atendido á la reparación intensa y ordinaria del material terrestre y flotante, y se han mantenido los servicios de carácter especial.

OBRAS NUEVAS DE LA ÉPOCA ANTERIOR TERMINADAS EN ESTA.

Durante el período de 1896 á 1901 se han terminado las obras nuevas siguientes, empezadas en la época anterior, gastándose en ellas, respectivamente, lo que á continuación se indica:

Adquisición por concurso de todos los materiales metálicos destinados á los muelles formados por entramados de hierro. . . .	344.660'43
Adquisición directa de dos locomotoras-ténders para el servicio del muelle.	71.883'51
Adquisición concursada de cinco gánguiles con cántaras de noventa metros cúbicos de capacidad.	172.910'25
Ampliación provisional de muelles para embarque de minerales.	7.805'85
Adquisición por concurso de una excavadora terrestre capaz de excavar 800 metros cúbicos diarios (Corta Hernando).	68.284'00
Adquisición de locomotoras, vías y vagonetas al servicio de la anterior excavadora.	9.270'93
TOTAL.	674.814'97

OBRAS NUEVAS COMENZADAS Y TERMINADAS DESDE 1896 Á 1901.

En la época que se reseña se ha comenzado y terminado, además, la construcción de las obras nuevas siguientes:

	Pesetas.
Embarcadero provisional de minerales, que proporciona tres puertos de servicio intenso, á razón de 1.200 toneladas de carga por cada uno.	52.009'74
Ampliación de la línea telefónica hasta Chipiona.	36.679'86
Valizamiento nocturno de la desembocadura y de la segunda región de la ría que empieza en la *Horcada*, formado por 19 boyas luminosas, alimentadas por gas, producido en una fábrica construída al efecto.	358.082'61
Adquisición de un remolcador de 200 caballos de fuerza. . . .	159.000'00
Adquisición de una draga y dos gánguiles elevadores, dragas de succión, capaces de ejecutar por unidad, y en diez horas de trabajo, 3.000 metros cúbicos, lo que da para todo el tren una potencia máxima de 9.000 metros cúbicos. (Recibidos en Diciembre de 1901, queda por abonar el último plazo).	1.906.104'55
Obras nuevas en construcción. — Alumbrado eléctrico de la zona de servicio del puerto por 20 arcos voltaicos de unas 700 bujías decimales cada uno, contando la absorción del globo de cristal, tomándose el fluído del que proporciona al público la Compañía Sevillana de Electricidad. (No terminado).	27.149'49
Construcción, por medio de entramados metálicos, de 134 metros lineales de muelle en rasante baja para embarcaciones menores. (Proyecto reformado del de reconstitución del muro arruinado del muelle.—No terminada).	194.830'88
	2.733.857'13

Se encuentran en construcción, más ó menos adelantada, las obras de mejora de la punta de la isla Hernando (proyecto reformado del de apertura de una corta en la isla Hernando) y el de construcción, por medio de entramados metálicos, de 136 metros lineales de muelle en la rasante general del puerto, para servicios de barcos de porte. (Proyecto reformado de reconstrucción de la parte arruinada del muelle.)

Proyectos redactados desde 1896 á 1901.

Desde principio de 1896 hasta 1901 se han redactado y remitido á la Superioridad los proyectos siguientes:

I. Proyecto de ampliación de la línea telefónica de Sevilla á La Lisa, extendiéndola hasta Bonanza y Chipiona, aprobado en 29 de Noviembre de 1897.

II. Proyecto reformado de reconstrucción por entramados metálicos de la parte destruída del muelle, aprobado en 11 de Octubre de 1898.

III. Proyecto de mejora de grúas, vías y zona de servicio. (Aplazadas sus obras por la Superioridad).

IV. Proyectos de cargaderos de mineral movidos por la electricidad y de instalación de alumbrado eléctrico de la zona de servicio del muelle. (Aplazada por la Superioridad la instalación del primero y ordenada la reforma del de alumbrado).

V. Proyecto de los documentos de concurso para la adquisición de un remolcador de 200 caballos de fuerza. (Aprobado en 12 de Enero de 1900).

VI. Proyecto de ampliación de los espigones cargadores provisionales de mineral. (Aprobado en 14 de Mayo de 1898 y construído en Febrero, Marzo y Abril de 1896 por autorización especial de la Superioridad).

VII. Proyecto de los documentos de concurso para la adquisición de una draga y dos gánguiles elevadores dragas, de succión. (Aprobado en 11 de Abril de 1899).

VIII. Proyecto de reparación extraordinaria del primer hectómetro del muelle de Sevilla. (En tramitación).

IX. Proyecto de valizamiento de la ría del Guadalquivir y su desembocadura en la broa de Sanlúcar. (Aprobado en 5 de Septiembre de 1899).

X. Proyecto reformado de las obras de apertura de una corta en la isla Hernando. (Aprobado en 4 de Abril de 1902).

XI. Proyecto reformado de alumbrado eléctrico de la zona de servicio del puerto. (Aprobado en 1.° de Junio de 1901.)

XII. Proyecto de instalación de una parrilla de maniobras con la estación de M. Z. A. y de una cochera de locomotoras. (En tramitación).

XIII. Segundo proyecto reformado de reconstrucción de la parte destruída del muelle que comprende la construcción por entramados metálicos de 134 metros lineales para embarcaciones menores y de 136 metros para embarcaciones de porte. (Aprobado en 31 de Diciembre de 1900).

Además se encuentra en borrador, y en redacción terminada, el proyecto de reparación definitiva del muro del muelle, ensanchándose la zona de servicio y mejorando los medios de manutención del tráfico, con la creación de cinco puertos de movimiento intensivo, servidos por grúas-túneles de doce metros de alcance y dos toneladas de fuerza, movidas por la electricidad.

GASTO TOTAL DESDE 1896 Á 1901.

En los seis años que se comprenden entre 1896 á 1901, ambos inclusive, se han gastado en conservación, reparación, obras nuevas y en todos los demás servicios que dependen de la Dirección facultativa, la suma de 7.592.169'76 pesetas.

§ XII

RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS OBRAS EJECUTADAS DESDE LA CREACIÓN DE LA JUNTA

CALADOS DISPONIBLES EN CADA PERÍODO DE LAS OBRAS.

Los resultados que han producido las obras construídas en la ría en las diferentes épocas que se acaban de reseñar, deben representarse primeramente por el calado disponible para navegar en cada período.

Los calados dominantes, ó sea los calados que han permanecido más tiempo en las diferentes épocas, se incluyen á continuación, empezando en el año 1870 y concluyendo en 1901.

Calados disponibles para navegar por la ría durante los años que se expresan

AÑOS	METROS	Piés ingleses	OBSERVACIONES
1870	3.96	13—00	Desde 1867, en que el calado era de 17-8, hasta
1871	3.96	13—6	1870, no se ejecutó obra alguna en el cauce.
1877	3.71	12—2	Desde 1870 al 77 se ejecutaron pocas obras en
1880	4.83	15—9	el cauce.
1881	4.55	15—00	En 1880 y 81 tuvieron lugar importantes ave-
1886	5.36	17—4	nidas extraordinarias.
1889	5.36	17—4	En 1882 empezaron las obras de la Corta de los
1890	5.25	17—3	Jerónimos, que terminaron en 1888.
1892	5.36	17—4	Importantes avenidas extraordinarias.
1893	5.20	17—1	
1894	5.00	16—5	
1895	4.90	15—2	Avenidas extraordinarias.
1896	4.60	15—10	
1897	5.60	18—6	Avenidas extraordinarias.
1898	5.75	18—10	
1899	5.60	18—6	
1900	5.60	18—6	
1901	5.60	18—6	

OTROS RESULTADOS IMPORTANTES.

Otros elementos importantes, que deben ser después considerados para juzgar los resultados obtenidos con las obras ejecutadas, son el acortamiento del cauce, el aumento de carrera de marea, la regularidad de sus secciones sucesivas, y, por último, el desarrollo progresivo del tráfico marítimo y el aumento de tonelaje de los buques que lo han navegado.

De las variaciones sufridas por los elementos que se acaban de enumerar

y que representan mejoras para la navegación, nos vamos á ocupar inmediatamente, por más que el resumen de todas las influencias que ejercen está bien representado por la variación de los calados que se acaba de presentar.

Acortamiento en la longitud de la ría.

Como consecuencia de la apertura de la Corta de los Jerónimos, la longitud de ría en 1870, que era de 101,50 kilómetros, se acortó en 12,80, dejándola reducida á 88.700 metros, evitando un trozo de cauce, por demás sinuoso, que contenía los bajos de la Abundancia, La Mora, La Ermita y Arafes, sumamente estorbosos para la navegación y de muy difícil manejo para las obras.

Aumento en la carrera de mareas.

La apertura de la misma corta aumentó la carrera de marea, llevándola desde 1,76 y 1,24 metros, que eran en Sevilla en 1870, respectivamente la viva y la muerta, á 2,10 y 1,50 metros.

Regularización en la propagación de las mareas.

La propagación de la marea quedó en el estado de regularidad que hoy se encuentra, igualando casi los períodos de duración de las mareas ascendente y descendente.

No se han mejorado las vueltas violentas del cauce.

En la rectificación del cauce, que debe ser realizada por el aumento del radio de curvatura de las márgenes cóncavas y por su avance hacia el río, no se ha obtenido, á decir verdad, progreso alguno notable. Como tal sólo se puede presentar el avance de diez metros conseguido en toda la longitud de la violenta margen cóncava de la Punta del Verde, merced á las importantes obras construídas en aquella región en los años 1897 y 98.

Es más: ni en los tiempos del Sr. Pastor, ni en los demás que han transcurrido después, hasta los años 1898 y 1899, se ha podido influir, ni en poco ni en mucho, en el régimen de las márgenes cóncavas y convexas que, naturalmente, crean para ellas las avenidas del Guadalquivir.

Las vueltas continuaron, pues, hasta la época citada, exagerando su curvatura, metiéndose en tierra la margen cóncava y avanzando hacia el cauce la margen convexa.

Las obras construídas en las márgenes cóncavas en todas las épocas, hasta 1898 y 99, han sido arrastradas por las aguas de avenidas, sin que hayan podido producir ninguno de los efectos que les estaban encomendados.

En la actualidad, gracias á la experiencia á tanta costa adquirida, el sistema de las obras que se emplea para modificar, como se necesita, el régimen de las vueltas violentas, subsiste á pesar de las avenidas, y produce ciertamente, aunque con lentitud, los resultados apetecidos, deteniendo el avance hacia las tierras de la margen cóncava y ocasionando en ellas sedimentación suficiente para adelantarla hacia el cauce, aumentando así su radio de curvatura.

En resumen: Que el problema de las vueltas de mucha curvatura puede decirse no ha sido resuelto todavía en la ría del Guadalquivir, si bien parece encontrarse en vías de conseguir una lentísima solución.

Variación regular de las sucesivas secciones.

El estrechamiento ordenado de las sucesivas secciones de la ría, ó sea la variación regular de las anchuras de estas secciones, puede ahora considerarse realizado en parte. El notable impulso que en los últimos cinco años se ha dado á las obras de márgenes permite consignar aquí el hecho de haber establecido aquellas que son necesarias para llegar á la regularización de las anchuras de cauce consignadas en el proyecto del Sr. Pastor y que han sido perseguidas por todos los Ingenieros que han estado al frente de las Obras desde 1870.

Las ejecutadas con este fin, enumeradas en el lugar correspondiente, cumplen con gran celeridad su misión en los tramos rectos y en las vueltas de poca curvatura, habiendo ya creado las nuevas márgenes en una altura superior á la plea.

El desarrollo de las plantaciones que se hagan sobre los aterramientos conseguidos, contenidos por los encofrados, y la sedimentación que se verifique entre aquéllas en las avenidas sucesivas, acabarán de recrecer la altura de las márgenes, dejándolas en disposición de ejercer su influencia total en las velocidades de las aguas del cauce de avenidas, que son las encargadas de mejorar permanentemente en cada punto el cauce navegable.

Aumento en el tráfico y en el porte de los buques.

En el progreso del tráfico marítimo, aunque también depende de otras causas distintas de los resultados obtenidos por las obras, se observa también la influencia de las mejoras realizadas en el cauce del Guadalquivir. (Véanse los datos que se contienen en el capítulo en que se estudia el tráfico del puerto de Sevilla).

La consideración del aumento de tonelaje de arqueo, ó sea de las dimensiones de los barcos que han recorrido la ría en la época que se reseña, y la variación de los cargamentos medios de mineral, que se navega á toda carga, demuestran también el progreso de los resultados efectivos obtenidos con las obras hasta la fecha ejecutadas.

Resumen de los resultados de las obras ejecutadas en la ría desde la creación de la Junta

Para resumirlos todos habrá que decir que desde 1870 hasta la fecha se ha conseguido mejorar la navegación, principalmente por la apertura de la Corta de los Jerónimos, que ha influído tan favorablemente como se ha dicho en lugar oportuno; después debe manifestarse que se han consolidado las mejoras de calados iniciados por el Ingeniero Sr. Pastor; y, finalmente, se debe hacer notar que, en los últimos años, no solamente se ha contribuído visiblemente á esta consolidación, sino que se han preparado cuantos elementos de obras, proyectos y material de ejecución, son necesarios para realizar un progreso tan grande como sea posible, sobre los que inició y trató de conseguir el Sr. Pastor, que ya deben tomarse como permanentes y definitivos.

Resultados de las obras construídas por la Junta en el puerto de Sevilla.

En el grupo de las obras que satisfacen las necesidades de carga y descarga y movimiento de las mercancías, ó sean las que constituyen el puerto propiamente dicho, con su muelle y zona de servicio, no se han introducido ciertamente, en la época que se reseña, notables mejoras.

Sigue el muelle y sigue la zona de servicio adoleciendo de los defectos esenciales que tenían cuando se construyeron por el Sr. Pastor. No puede considerarse completamente estable el muro del muelle; es estrecha y fácilmente inundable la zona de servicio; no existe ningún lugar de atraque en que se manejen las mercancías de un modo intensivo y rápido; y se hacen los atraques de los buques con notable separación del paramento del muro, por falta de calados al pie de éste.

Este importante grupo de obras no ha sido mejorado, en realidad, más que por la adquisición de las locomotoras que hacen las maniobras de vagones en la zona de servicio y por la reciente instalación del alumbrado eléctrico; pues las grúas de vapor no han dado todos los resultados que serían de desear, por lo escaso de su alcance y la lentitud de sus movimientos.

También puede pasar como mejora la construcción del muelle para embarcaciones menores, que antes no estaban bien servidas en el puerto de Sevilla, no debiendo considerarse como dignos de mención los progresos que representa la construcción del embarcadero provisional para minerales, por ser de carácter perecedero y, además, relativamente costoso el servicio que presta; ni la construcción de los 136 metros de muelle de entramados metálicos para el servicio de embarcaciones de porte, porque, en realidad, esta obra no realiza otra misión que la de proporcionar al muelle de Sevilla la misma longitud de atraque para buques grandes, que pierde por la construcción del muelle para embarcaciones menores, dejando igual longitud que á este efecto existía en tiempos del Sr. Pastor.

Las importantes sumas gastadas en el muelle de Sevilla y en su zona de servicio desde los tiempos de la creación de la Junta, han sido invertidas, las menos, en terminar los accesorios de esta zona, como adoquinados, vías, tinglados, amarras, y en mejorar algo los medios de manutención de las mercancías; pero, principalmente, se han gastado en la conservación difícil é intensa del muro del muelle y de su zona de servicio y en reparar de modo vario, y con mayor ó menor resultado, las averías del muro y de los terraplenes de la zona en que se depositan las mercancías.

Comparación de los estados actuales de progreso del puerto y de la ría.

El puerto de Sevilla deja, pues, mucho que desear; está muy lejos de prestar su servicio á la moderna y como se necesita actualmente, y no debe vacilarse en asegurar que está más atrasado que la navegación mantenida por su ría, que no está servida, ni con mucho, por los muelles, como merece el porte de los buques que la recorren y como requiere el importante tráfico que se navega por la vía marítima del Guadalquivir.

§ XIII

Resumen sintético de la historia general de las obras

Por último, como resumen sintético de la historia general de la ría del Guadalquivir y puerto de Sevilla, deben sentarse las siguientes conclusiones:

Primera. La administración central, en los años de 1863 á 1868, arrastrada por las energías del inolvidable Ingeniero D. Manuel Pastor y Landero, ayudada con recursos que proporcionó el patriotismo del Comercio local, creó el actual puerto de Sevilla y la navegación de la ría del Guadalquivir.

Segunda. La Junta de Obras, que asume oficialmente desde su creación, á fines de 1870, la representación del Estado, y los Ingenieros que hasta la fecha han estado al frente de las Obras, mantienen primero, consolidan después y amplían más tarde, las mejoras y los resultados obtenidos en la época del Sr. Pastor, y además preparan ordenadamente la creación de la navegación y del puerto del porvenir.

De esta suerte, unos comienzan y otros continúan y aseguran el indefinido progreso de aquella importantísima región de España que es influída por la vía marítima del Guadalquivir, obligando á éste á cumplir la providencial misión de convertir en importante puerto la capital de Andalucía, que goza, por ende, del raro privilegio de existir, puede decirse, á un tiempo, bajo los puntos de vista de la Agricultura, del Comercio y de la Industria, en el interior de las tierras y al borde de las costas de la Península.

Y tercera. Que hay que hacer fervientes votos porque la historia de las Obras que habrá de seguir á la que se acaba de hacer, relate los hechos que se refieran á la ejecución de las obras del nuevo puerto de Sevilla y de su navegación, que, indudablemente, han de contribuir por un modo eficaz al progreso general de la riqueza importantísima de la hermosa región andaluza.

§ XIV

Principales enseñanzas que se deducen de la historia de las Obras y de los resultados obtenidos

Del estudio de los resultados obtenidos con las obras ejecutadas desde 1870 hasta la fecha se deducen enseñanzas muy importantes que deben ser tenidas en cuenta en lo sucesivo; por esta razón, sin mencionarlas todas, se van á hacer algunas consideraciones sobre las principales.

Las obras que proyectó el Sr. Pastor no han producido aún todos sus resultados.

Desde luego se observa que el trazado de las márgenes de encauzamiento y de regularización de la ría, contenido en el proyecto del Sr. Pastor, no ha producido todavía la totalidad de sus resultados.

En efecto, aquel Ingeniero, aunque abarcó con las obras toda la longitud de ría que se propuso mejorar, no llevó las márgenes en todos los puntos á las líneas de encauzamiento por él adoptadas, siguiendo las indicaciones del proyecto del Sr. Corroza. Hizo, pues, una iniciación bastante adelantada, y regularizó sensiblemente el cauce de la ría; pero éste quedó en la mayor parte de sus

tramos, especialmente en los que tenían vueltas, con unas márgenes que ocupaban posiciones muy distantes de las ordenadas en su proyecto.

Tuvo la fortuna este Ingeniero de que no se presentaran avenidas durante el período de su gestión, circunstancia que hizo permanecer durante cinco años las obras ejecutadas en el cauce, que de este modo pudieron dar lugar á la inmediata presentación de los aumentos de calado que consiguiera.

Desde 1867 hasta 1896 se ejecutaron constantemente obras de márgenes, pero en pequeña cantidad y sin abarcar, no ya la longitud de la ría, que necesitaba mejora, y á la que extendió sus obras el Sr. Pastor, pero ni siquiera aquellas longitudes parciales que era necesario tomar para introducir modificaciones en un punto especial.

Además, la eficacia y resistencia de los entramados que se emplearon durante toda esta época dejaron mucho que desear. Por un lado, las numerosas avenidas ocurridas los arrastraban y hacían desaparecer, más ó menos resentidos, por los abordajes que sufrían á toda hora; por otra, el pequeño volumen de faginas que contenían, ofreciendo pequeñísimo obstáculo á las velocidades de las aguas, apenas si provocaban aterramientos, cuya producción puede decirse estaba solamente encomendada, en todas partes, á la influencia de las plantaciones hechas en las orillas, que creaban del lado del cauce, y en las aguas de sus inmediaciones, una región en que disminuían las velocidades, provocando aterramientos de pequeña importancia; esto sucedía en los tramos rectos ó de poca curvatura; pues, como se ha dicho antes, en las vueltas violentas, lejos de obtener aterramientos, ni se había logrado que permanecieran los entramados en las márgenes cóncavas, ni se había podido conseguir que cesara la socavación á que están sometidas estas últimas por el régimen de las aguas.

Por consiguiente, teniendo en cuenta: por un lado, que una parte de las obras hechas por el Sr. Pastor desapareció por el abandono en que se encontraron durante tres años consecutivos, hasta 1870, y que, á partir de esta época, hasta el año 1880, á penas se construyeron obras de márgenes, sobreviniendo avenidas de consideración que destruyeron muchas de las ejecutadas; y por otro lado, que, desde 1880 hasta 1896, fueron poco importantes las obras de márgenes construídas, muy perjudicadas, además, por las avenidas, se podrá concluir manifestando que en el año 1896 las márgenes de la ría ocupaban, aproximadamente, la posición de avance en que las dejara el señor Pastor, si bien se había recrecido considerablemente su altura á virtud de las plantaciones efectuadas y del gran número de avenidas que sobrevinieron en este largo período de años.

Dos excepciones hay que hacer en justicia, por no ser aplicables á ellas esta apreciación: la primera está representada por la apertura de la Corta de los Jerónimos, que, modificando las márgenes de aquel torno, al suprimirlo, mejoró notable y definitivamente el tramo á que pertenece, que verdaderamente no fué considerado por el Sr. Pastor; y la otra, que se refiere al encauzamiento del tramo superior al puente de Triana, que quedó definitivamente concluído antes de 1896, sin duda porque sus obras de márgenes se construyeron de una vez en las dos orillas y con eficacia bastante para producir en aquel lugar los resultados que se deseaban.

Del mismo modo los dragados que se han ejecutado desde 1870 á 1896, que están representados por una cantidad anual de unos 100.000 metros cúbicos, son por demás exiguos para mejorar la canal, auxiliando la problemática acción de las obras de márgenes. ¿Qué son cien mil metros cúbicos de dragado anuales ante las necesidades del puerto de Sevilla y de una región del Guadalquivir de más de veinticuatro kilómetros de longitud, que presenta numerosos tornos y vueltas violentas, y que se caracteriza por un régimen de sus aguas extraordinariamente

variable, y que en sus frecuentes estados de aguas altas produce aterramientos enormes y acarrea grandísimas cantidades de materias en suspensión?

Desde 1896 á 1900, aunque, según se ha manifestado, se han llevado efectivamente las obras iniciales de márgenes á los trazados del Sr. Pastor, en toda la sección de ría que este Ingeniero consideró, y estas obras se han ejecutado con entramados estables y permanentes y de gran eficacia para conseguir los aterramientos y las socavaciones que han de crear aquellas márgenes, como después de establecidas las obras iniciales no han sobrevenido avenidas, éstas no han producido efecto alguno en la canal y cauce navegables.

Puede, pues, decirse que, en realidad, las obras del proyecto del señor Pastor acaban de ser instaladas, siendo todavía no del todo conocida su influencia en las mejoras de la navegación de los veinticinco kilómetros de ría que comprendía el proyecto de aquel Ingeniero.

Cuando sobrevenga la primera avenida que debe aterrar completamente los espacios comprendidos entre los espigones y diques (1), cuando se planten los aterramientos así ocasionados, cuando sucesivas avenidas aumenten la altura de los terrenos ocupados por estas plantaciones, hasta adquirir la necesaria para influir en las velocidades de las aguas de las crecidas extraordinarias, que son las que, en definitiva, producen el régimen de la canal navegable y del lecho de estiaje; y, por último, cuando en la ría del Guadalquivir se ejecuten dragados que se evalúen en algunos cientos de miles de metros cúbicos al año, que auxilíen los efectos producidos por las nuevas márgenes, entonces, y solo entonces, podrán darse por ejecutadas las obras que contiene el proyecto del Sr. Pastor, y se conocerá la cuantía efectiva de la mejora que puede producir en la navegación de la ría del Guadalquivir.

Correlación entre las obras ejecutadas en cada período y los calados disponibles.

Otra enseñanza se desprende de la reseña de las obras ejecutadas en tiempos del Sr. Pastor, desde 1871 á 1901, y de los resultados con ellas obtenidos. Si se tiene á la vista la relación de los calados disponibles en el período que se ha historiado, se verá claramente que el abandono en que se encontraban las obras, desde 1867 hasta 1871, época de la creación de la Junta, produjo un descenso en el calado, representado por la diferencia que existe entre 17—8 y 12—10 piés ingleses; del mismo modo se nota que el calado se mantuvo entre 12 y 15 piés durante diez y seis años, comprendidos por los de 1870 y 1876, representando bien la poca eficacia de las obras construídas en las márgenes durante este período.

Desde 1876 á 1893 los calados vuelven á ser de 17 piés, demostrando la influencia de la Corta de los Jerónimos, que aumentó la carrera de marea, elevando la altura de la plea en cerca de dos piés; en este período también las pocas obras de márgenes ejecutadas no ejercieron, por consiguiente, influencia en la mejora de la navegación, apesar del número considerable de avenidas que durante él sobrevinieron.

Desde 1894 á 1896 vuelven á descender los calados, que se mantienen entre 15 y 16 piés, como debía suceder, no ejecutándose obras de márgenes en cantidad suficiente y no habiéndose presentado avenidas de importancia.

Desde 1896 hasta la fecha se mantienen los calados por encima de 18—6 piés ingleses, á pesar de no presentarse, como se ha dicho antes, avenidas, ni haberse ejecutado dragados en la cantidad necesaria, sólo por el hecho de haberse dado gran impulso á las obras de márgenes, llegando á los trazados del señor Pastor.

---

(1) En Enero de 1897 tuvo lugar una avenida extraordinaria de corta duración, pero en este año todavía no se habían construído otras obras de márgenes que las que se pudieron realizar en la campaña de verano de 1896.

En fin de Febrero de 1902 ha sobrevenido una avenida máxima ordinaria de seis días de duración que ha rellenado por completo los espacios comprendidos por los espigones y diques construídos en las márgenes que no han sufrido desperfecto alguno.

Por consiguiente, es indispensable dejar sentada la conclusión de que la ría del Guadalquivir se deja influir fácilmente por las obras que se ejecutan para su mejora, cuando éstas tienen una importancia comparable con la longitud de ría que se trata de mejorar, y una eficacia suficiente para influir en los elementos de que depende el régimen; siendo de esperar que, siguiendo estos procedimientos, llevando más allá las obras de encauzamiento realizadas en la primera región, estableciendo las de regularización de la segunda, auxiliando los efectos que unas y otras pueden producir con la ejecución de dragados tan importantes como se pueden realizar con el tren de limpia recientemente adquirido, al fin de un período de años, que no puede ser largo, se llegará, sin duda alguna, á mejorar la ría del Guadalquivir hasta llevarla al grado de perfección que sea necesario para que el puerto de Sevilla continúe indefinidamente figurando entre los puertos españoles de primer orden.

Conveniencia que se deduce de la correlación entre las obras ejecutadas y los calados disponibles.

Desde el punto de vista económico se puede deducir otra enseñanza importante de cuanto se acaba de exponer; es esta:

Pequeña importancia relativa de las sumas que se necesitan para mejorar la ría.

Las sumas gastadas desde 1896 á 1901 en las obras de márgenes y en la adquisición del tren de dragado, no son ciertamente considerables, á pesar de haberse creado con ellos los medios necesarios para llevar bastante lejos la mejora del Guadalquivir; y esta consideración demuestra evidentemente que su navegación puede ser mejorada sin el empleo de las grandes cantidades de recursos que exigen para obtener igual mejora la mayor parte de los puertos de España y del extranjero.

Necesidad de emplear los recursos de las obras en cantidad suficiente para ejecutar sistemas completos de las de márgenes.

También se deduce del estudio de los gastos realizados en las diferentes épocas que se han considerado, que á las obras de encauzamiento y de dragado de la canal deben dedicarse los recursos de que se dispone de una vez, evitando su empleo de un modo paulatino y sucesivo; pues la índole de estas obras, que producen sus efectos sólo cuando se establecen en conjunto y en sistema, su carácter esencialmente perecedero y la necesidad de aprovechar, para obtener resultado, las crecidas del Guadalquivir, proscriben en absoluto su lenta ejecución, completamente opuesta á cuanto se acaba de indicar.

Resumen de las enseñanzas de los resultados obtenidos con las obras ejecutadas.

Como resumen, habrá, pues, que no olvidar en lo sucesivo: Primero. Que la ría del Guadalquivir no ha experimentado en su mejora la mayor parte de los efectos y consecuencias de las obras propuestas por el Sr. Pastor, á pesar del relativo estado de adelanto en que se encuentra su navegación. Esta consideración sirve para demostrar las fundadas esperanzas que se deben abrigar para obtener mayores y más transcendentales mejoras en lo sucesivo. Segundo. La docilidad con que obedece la ría á las influencias de las obras que en ella se ejecutan, desde el momento en que son de una entidad suficiente, que desde luego está demostrado no ha de ser nunca extraordinaria y exagerada. Y tercero. Que los recursos que han de exigir las sucesivas mejoras parece han de ser de relativa poca importancia, pero que deben emplearse con decisión, en poco tiempo y de tal manera, que las obras se construyan obedeciendo desde luego á un plan general, bien meditado, pero divididas en conjuntos y en sistemas, determinados por las necesidades de la ría y de su régimen, y con entera independencia de las sucesivas situaciones económicas en cada momento. Esto obliga á disponer desde el principio del mayor número posible de recursos y á acumular los que sean necesarios, antes de emprender aquellas obras, que, por su carácter especial, necesitan construirse de una vez y en corto período de tiempo.

Capítulo Tercero

CARACTERES DEL PUERTO DE SEVILLA

§ 1

Puerto de Sevilla

Importancia del puerto de Sevilla comparada con la de los demás de la Península.

Penetración en el interior de la influencia del puerto de Sevilla.

El puerto de Sevilla es uno de los más importantes de la Península. Ordenados los puertos españoles por el número de toneladas que representa el movimiento total de cada uno, ocupa el quinto lugar, sobrepujándole solamente Bilbao, Barcelona, Huelva y Valencia; y ocupa el cuarto lugar si se ordenan según el valor total de las mercancías.

La pobreza del suelo de las mesetas centrales ibéricas, su despoblación y el relativo atraso en que se encuentran en ellas los medios de producción, han impedido que existan, hasta ahora, en España verdaderos puertos de penetración; no tenemos, pues, hasta el presente, ni tendremos en remoto tiempo, puertos como los de Marsella, Amberes, Londres, Hamburgo, Génova, y tantos otros que, servidos por importantes redes de ferrocarriles ó de canales, ó por ríos navegables, mantienen importación y exportación considerables, engendradas por la producción y el consumo de extensos, adelantados y poblados territorios interiores, desprovistos de costas y de puertos.

En España los puertos se alimentan casi exclusivamente con el tráfico de las regiones costaneras próximas á sus emplazamientos, que son, por otra parte, las que más producen y consumen, relativamente, por lo feraz del suelo, por la importancia de las industrias y por la riqueza del subsuelo de las tierras próximas y adyacentes al mar.

De esta suerte, Barcelona y Tarragona sirven el importante tráfico marítimo de la región catalana y el exiguo de la aragonesa; Valencia, Castellón, Alicante y Cartagena, abastecen las necesidades de los transportes marítimos de los territorios de la costa Este de la Península; Almería y Málaga cumplen igual misión, aunque en zonas menos extensas, en las costas del Sudeste; Gijón, Santander y Bilbao, sirven principalmente las del Norte; Coruña y Vigo las del Noroeste; Huelva las del Sudeste, y Cádiz y Sevilla, en mayor grado ésta que aquél, las del Sur.

Pero, sin duda alguna, el puerto que entre los enumerados sirve, después

del de Barcelona y de Bilbao, zona más extensa, más rica y de más porvenir, es el de Sevilla; su situación interior, emplazada á cien kilómetros de la costa; su posición estratégica que lo colocan en la puerta de la dilatada y penetrante vega del Guadalquivir y en el punto de reunión de importantísimas vías férreas, aumentan considerablemente su radio de influencia, concediéndole mayor penetración que á todo otro en la zona central de la Península, á lo que puede contribuir grandemente, en su día, el hecho de que el puerto de Sevilla sea uno de los más cercanos á la capital, de la que dista una longitud que se recorre en catorce horas.

Ha de decirse, pues, que si alguna vez, y siempre dentro de la modestia que es peculiar de toda manifestación española de progreso, ha de haber en la península un puerto de verdadera penetración, este puerto ha de ser, muy probablemente, el de Sevilla, y, por consiguiente, á él, á sus adelantos y á sus mejoras, les está encomendada buena parte de la realización del progreso de los intereses materiales de una extensa región del territorio nacional.

§ II

Progreso del puerto de Sevilla

Variación y crecimiento del tráfico.

El tráfico marítimo del puerto de Sevilla se presenta en constante crecimiento desde hace muchos años.

En el año 1868, el movimiento total de mercancías fué de 108.113 toneladas; en 1871 fué de 149.989 toneladas; en 1895 llegó á la suma de 322.955, y apareciendo en esta época el tráfico de minerales, al año siguiente de 1896, rebasó la cifra de 523.000 toneladas, llegando á ser en el año último, de 1901, de 714.993.

En el gráfico siguiente se representa la variación anual del número total de toneladas navegadas por la ría del Guadalquivir; también contiene la expresión de la variación del número de buques que han frecuentado el puerto durante estos años, demostrando que este número ha permanecido sensiblemente el mismo; lo cual indica que ha aumentado en mucho su porte y el aprovechamiento de su capacidad de carga, deduciendo de aquí lógicamente la consecuencia de que el progreso del tráfico de la vía marítima del Guadalquivir se ha producido por dos causas, que son el aumento progresivo de los calados disponibles y la aparición del tráfico de minerales que se navega en todos los casos por cargamentos completos.

En la misma hoja en que aparece la representación gráfica de la variación del tráfico marítimo, expresado en toneladas de carga, se inserta un estado numérico que contiene datos sobre las cantidades de mineral exportado en los años del 1896 al 1901, en que se expresa la variación del cargamento medio anual que han sacado los buques dedicados á este tráfico. También contiene el número total de toneladas exportadas en cada año.

El estudio de los datos que suministra este estado confirma las apreciaciones hechas con anterioridad.

La variación del valor de las mercancías que han pasado por el puerto de Sevilla durante la época que antes se ha considerado, según los datos publicados por la Dirección general de Aduanas, se contienen en el estado incluído en la hoja en que se dibuja el gráfico.

De su estudio se deduce que existe notable crecimiento en el valor total de las mercancías navegadas por importación, exportación y cabotaje de entrada y salida, y por consiguiente en el valor total del movimiento anual.

Son de notar las grandes diferencias que existen en todos los conceptos

entre los mínimos correspondientes al año 1868 y los máximos que pertenecen á la época actual.

También merece consideración la variación decreciente que se observa en el valor medio de las mercancías, principalmente debida á la navegación de minerales, y que se representa por 670 pesetas, valor medio de la tonelada en 1868, y por 267 pesetas, valor medio correspondiente á 1899.

Otras consecuencias de menos importancia que las expuestas pueden deducirse de la estadística presentada; para no hacerlas todas, se llamará la atención sobre el hecho de que los mayores aumentos de valores han sido acarreados por los tráficos de exportación y de cabotaje de salida.

(Véase el gráfico inserto al final de este capítulo.)

Estado de progreso del puerto de Sevilla en relación con los demás puertos.

El puerto de Sevilla ocupa tan privilegiada situación, y reune ya condiciones tales, que en todo tiempo servirá, sin duda alguna, los intereses del tráfico marítimo de carácter local, sin que sea muy de temer la competencia que puedan hacerle, en este punto, los puertos próximos; pero esta consideración, aun prescindiendo de su penetración en el interior, en la que sí sería posible la competencia, no justificaría jamás que quedara retrasado en su mejora y adelanto, con relación á los demás puertos de España y del extranjero, con quienes debe matener, en todo caso, sostenidas relaciones.

Hasta ahora ha estado, ciertamente, á análoga altura que aquéllos; así han podido recorrer la ría del Guadalquivir la mayor parte de los barcos que han frecuentado los demás puertos; y también en los muelles de Sevilla ha encontrado el tráfico iguales ó mayores facilidades que en la generalidad de los muelles de los puertos peninsulares.

Pero no debe perderse de vista que los puertos nacionales y extranjeros progresan continua y notablemente; que son mayores cada día el calado y el porte de los buques que sirven el tráfico marítimo universal; que aumentan las facilidades de carga, descarga y movimiento de las mercancías en todos los muelles; y que en el puerto de Sevilla y en la ría del Guadalquivir se necesita disponer, por las especialísimas condiciones de una y de otro, de períodos de tiempo muy grandes para lograr prácticas y definitivas mejoras, así en los calados efectivos como en los servicios de muelles.

Hay, pues, que ir en la avanzada; ni siquiera se puede marchar con el centro, ó sea á la misma velocidad de la generalidad de los puertos, si se quiere evitar el retraso y los perjuícios que se irrogarían al notable tráfico marítimo del puerto de Sevilla y á la riqueza de una de las comarcas más importantes de España.

§ III

Riqueza del territorio á que se extiende la influencia del puerto de Sevilla

Líneas férreas que afluyen al puerto.

El puerto de Sevilla y la navegación del Guadalquivir sirven al tráfico marítimo de la provincia de Sevilla y de una buena parte de las de Cádiz, Huelva, Córdoba, Jaén, Ciudad Real y Badajoz.

Los muelles y fondeaderos del puerto distan del mar unos 100 kilómetros, y reciben y expiden mercancías por importantes líneas férreas, que son: Sevilla-Córdoba-Madrid, Sevilla-Jerez-Cádiz, Sevilla-La Roda, Sevilla-Huelva, Sevilla-Tocina-Cáceres-Badajoz y Sevilla-Écija-Carmona.

PRODUCTOS DEL SUELO.

Conocida es por demás la riqueza agrícola y la importancia industrial de las comarcas que sirven las líneas férreas antes citadas, que se demuestran ahora y se han demostrado siempre por el tráfico marítimo que sostiene la navegación de la ría del Guadalquivir, que el lector encontrará en el lugar correspondiente.

PRODUCTOS DEL SUBSUELO.

Los productos del subsuelo de esta región son ya importantes en la actualidad, á pesar de que sólo hace media docena de años que han empezado á explotarse sus minas en grade escala. Además, en estos momentos se están llevando á cabo los trabajos de exploración previos é indispensables para explotar de una manera intensiva otros criaderos poco conocidos.

MINERALES DE HIERRO.

Muy abundantes en la región los minerales de hierro, las principales minas son: la del *Cerro de Hierro*, que en la actualidad exporta unas 400.000 toneladas anuales; las de *Monteagudo* y *Rosalino*, que van á exportar unas 150.000; la *Lima* y el grupo del Pedroso, que de un momento á otro van á remover análoga cantidad de toneladas; las de Cala, importantísimas, según personas respetables, cuyos propietarios están haciendo la construcción de una vía férrea de 100 kilómetros de longitud, que sea capaz de conducir á la ría del Guadalquivir más de 500.000 toneladas anuales; existiendo, además, varias minas de hierro de grandes esperanzas, según se dice, que aquí no se mencionan por ser desconocida la cantidad de mineral que contienen, en virtud del retraso en que se encuentran los trabajos de reconocimiento.

MINERALES DE AZUFRE, COBRE Y OTROS.

En la zona influída por el puerto de Sevilla existen minerales de cobre al estado de pirita ferrocobriza, siendo los criaderos más importantes los de Aznalcóllar y Castillo de las Guardas, que, explotados hasta aquí con poca intensidad, han producido un tráfico marítimo de unas 30.000 toneladas anuales.

En la actualidad se encuentran en el período de transformación, preparándose los medios necesarios para hacer intensivos sus métodos de beneficio, aumentando capital, estudiando vías férreas, etc., etc.

De este mismo género hay varias minas con pequeñas labores que se están reconociendo.

No es aventurado suponer que el tráfico de esta clase de minerales alcance en breve una exportación de 150.000 á 200.000 toneladas.

También hay minerales de plomo, zinc y otros.

CUENCAS CARBONÍFERAS.

Por otra parte, parece ser grande la riqueza de carbón de piedra que existe en la cuenca de Villanueva de las Minas y de Tocina, sobre la línea de Sevilla á Mérida, á pocos kilómetros de Sevilla.

Las minas de Villanueva, en activa explotación desde hace años, surtiendo de carbón á los ferrocarriles de la red de M. Z. A., pueden soportar una extracción mayor, y parece ser que las capas carboníferas pertenecientes á esta mina representan solamente una pequeña parte de las existentes en la extensísima cuenca.

Son numerosas y de gran superficie las minas denunciadas en las proximidades de las de Villanueva, encontrándose entre los denunciadores la poderosa Compañía de Río Tinto, que en estos momentos está practicando pozos de exploración de gran importancia.

La importante cuenca carbonífera de Belmez cae también dentro de la acción comercial del puerto de Sevilla; el día no lejano en que esta cuenca se explote intensivamente y con decisión, ha de pasar por la ría del Guadalquivir, sin duda alguna, una buena parte de los carbones que se destinen á las costas del Mediodía y de Levante de la Península.

§ IV

Tráfico del puerto de Sevilla en la actualidad

Tráfico en 1901.

Para que el lector se forme idea exacta del tráfico que existe en la actualidad en el puerto de Sevilla, se acompaña el resumen de los datos estadísticos pertenecientes al año 1901, en la creencia de que el detalle por especies no tiene aplicación en este lugar, remitiendo al lector que quiera conocerlos á las memorias económicas que anualmente publica la Dirección facultativa de las Obras.

RESUMEN del tráfico del Puerto de Sevilla durante el año 1901.

		Cabotaje — 1.ª clase. — Kilogramos.	Extranjero — 2.ª clase. — Kilogramos.	Totales — Kilogramos.
IMPORTACIÓN.	CARBÓN.	7.958.476	55.344.618	63.303.094
	CARGA GENERAL.	73.951.966	59.308.479	133.260.445
Totales..		81.910.442	114.653.097	196.563.539
EXPORTACIÓN.	MINERALES.. . .	4.834.634	384.384.792	389.219.426
	CARGA GENERAL.	83.184.133	46.026.114	129.210.247
Totales..		88.018.767	430.410.906	518.429.673
TOTAL GENERAL. . .	IMPORTACIÓN..			196.563.539
	EXPORTACIÓN.			518.429.673
				714.993.212

Caracteres del tráfico.

Del estudio de estos datos resulta, entre otras cosas, que el tráfico marítimo total del puerto de Sevilla ha sido durante el año, de 714.993 toneladas; que en este movimiento las mercaderías generales representan 325.773 toneladas, y los minerales de todas clases 389.219; que la entrada y salida por cabotaje son muy análogas, alcanzando, respectivamente, 81.910 y 88.018 toneladas; que existe una diferencia grande entre la exportación y la importación, por estar representada la primera por 518.429 toneladas, y la segunda por 196.563; que las principales mercancías de importación son: carbón mineral, maderas y materiales de construcción; y que las mercaderías más importantes de exportación son: minerales, plomo, corcho, aceite y vino.

El movimiento de cabotaje para la entrada está representado, principalmente, por hierros en lingotes y barras, maderas, harinas, materiales de construcción, tejidos, pipería, tabaco, legumbres, petróleo, etc.; para la salida tienen principal importancia el trigo y los cereales, el aceite, vino, jabón, etc.

Valor de las mercancías en 1900.

Según los últimos datos publicados por la Dirección general de Aduanas, pertenecientes al año 1900, los valores del tráfico marítimo de Sevilla fueron:

EXTRANJERO

	Pesetas.	
Importación.	28.181.165'00	
Exportación.	35.376.301'00	
Total.		63.557.466'00

CABOTAJE

	Pesetas.	
Entrada..	13.490.346'00	
Salida.	39.877.381'00	
Total.		113.367.727'00
Total de valores.		176.925.193'00

MOVIMIENTO de buques con su tonelaje de registro manifestado que han atracado á los muelles, según antecedentes de la Comisaría del Puerto.

Meses	Vapores						Buques de vela						Totales	
	Nacionales		Extranjeros		Sumas		Nacionales		Extranjeros		Sumas			
	Núm.	Toneladas de arqueo.	Núm.	Toneladas de arqueo.	Núm.	Toneladas de arqueo.	Núm.	Toneladas de arqueo.	Núm.	Toneladas de arqueo.	Núm.	Toneladas de arqueo.	Núm.	Toneladas de arqueo.
Enero.	35	35701	23	30106	58	65807	34	970	3	779	37	1749	95	67556
Febrero. . . .	31	31152	25	36014	56	67166	28	749	3	641	31	1390	87	68556
Marzo.	36	33945	24	29274	60	63219	22	399	1	536	23	935	83	64154
Abril.	37	40359	22	32611	59	72970	51	1264	7	1241	58	2505	117	75475
Mayo.	47	47079	18	21605	65	68684	58	1828	1	127	59	1955	124	70639
Junio.	42	40618	21	30712	63	71330	64	1399	4	1024	68	2423	131	73753
Julio.	32	34325	23	30770	55	65095	70	1392	3	650	73	2042	128	67137
Agosto.. . . .	38	39939	21	26736	59	66675	71	1874	4	1286	75	3160	134	69835
Septiembre. . .	38	43196	22	30273	60	73469	49	1281	2	1014	51	2295	111	75764
Octubre. . . .	37	35716	26	31661	63	67377	67	1385	1	162	68	1547	131	68924
Noviembre. . .	35	37590	28	32227	63	69817	31	704	4	752	35	1456	98	71273
Diciembre. . .	39	41157	17	20354	56	61511	33	499	6	1219	39	1718	95	63229
TOTALES. .	447	460777	270	352343	717	813120	578	13744	39	9431	617	23175 (1)	1334	836295

(1) Los barcos de vela tienen poca importancia; su arqueo medio es de unas 30 toneladas.

MOVIMIENTO de buques por nacionalidades, con su tonelaje de registro manifestado, según antecedentes de la Comisaría del Puerto.

	VAPORES		BUQUES DE VELA		TOTALES	
	Núm.	Toneladas de arqueo.	Núm.	Toneladas de arqueo.	Núm.	Toneladas de arqueo
España	447	460777	578	13744	1025	474521
Inglaterra	170	243762	9	1398	179	245160
Francia	5	2615	1	77	6	2692
Alemania	18	18240	»	»	18	18240
Suecia y Noruega	38	39767	3	1241	41	41008
Dinamarca	24	37635	»	»	24	37635
Rusia	»	»	10	2594	10	2594
Bélgica	3	2745	»	»	3	2745
Italia	2	397	11	2719	13	3116
Holanda	10	7182	»	»	10	7182
Portugal	»	»	5	1402	5	1402
	717	813120	617	23175	1334	836295

De ellos se deduce, entre otras cosas, que el número de buques que han atracado á los muelles ha sido 1.334 con 836.295 toneladas de arqueo; de vapor 717 con 813.120 toneladas; y de vela 617 con 23.175 toneladas; que han navegado con bandera española 76 por 100 del total de los buques que han recorrido la ría; con la inglesa 20 por 100, siguiendo después las banderas de las siguientes naciones, por este orden: Alemania, Suecia, Dinamarca, Holanda, Bélgica, Italia y Francia.

MOVIMIENTO DE VAGONES EN EL MUELLE.

Otro dato que contribuye á formarse idea del tráfico y movimiento del puerto de Sevilla es el número de vagones que han circulado por sus muelles, que se contiene en el estado siguiente:

Meses	VAGONES REMOLCADOS		TOTAL de vagones.
	M. Z. A. Número.	Andaluces. Número.	
Enero.	3939	208	4147
Febrero..	3446	263	3709
Marzo.	3327	192	3519
Abril.	3504	293	3797
Mayo.	3870	221	4091
Junio.	3253	251	3504
Julio..	3621	393	4014
Agosto.	3489	545	4034
Septiembre. . . .	3970	630	4600
Octubre..	3994	386	4380
Noviembre.. . . .	3129	350	3479
Diciembre.	3696	401	4097
Total. . . .	43238	4930	47371

Compañías navieras domiciliadas en Sevilla.

Por último, hay que recordar, para continuar la exposición de la materia de este capítulo, que tiene por objeto presentar en conjunto lo que son el movimiento y el tráfico del puerto de Sevilla, que en él existen domiciliadas cinco grandes Compañías de navegación á vapor, que poseen 49 buques con 59.182 toneladas de arqueo, que representan una parte importante de la totalidad de la flota mercante española.

§ V

Tráfico probable del puerto de Sevilla en el porvenir

Carácter del tráfico

Del estudio del tráfico actual del puerto de Sevilla pueden fácilmente deducirse los caracteres generales de su tráfico del porvenir.

Se ha visto que, desde la aparición de la exportación en grande escala de minerales, el carácter del tráfico general del puerto sufrió transformación radical. Antes de 1895 las mercancías que se navegaban por la ría del Guadalquivir eran de poco peso y de mucho valor; después de 1895, hasta la fecha, se ha notado el aumento constante y progresivo del tonelaje de minerales con relación al de la carga general, habiendo llegado á representar en 1898-99 el 64 por 100 del tráfico total.

Este modo de ser del tráfico del puerto de Sevilla debe continuar durante mucho tiempo en vista de la extraordinaria riqueza del subsuelo antes descrita, que, indudablemente, ha de caracterizar siempre la navegación y el tráfico del Guadalquivir

Tráfico extranjero y de cabotaje.

Se exportarán, pues, grandes cantidades de minerales de hierro, y saldrán en menor proporción minerales de cobre, de azufre y carbones. Se exportarán

plomos y los especiales productos de Sevilla, á saber: aceites, aceitunas, naranjas y otros.

Se importarán grandes cantidades de madera, notable número de toneladas de carbón mineral, porque siempre ha de ser origen de abastecimiento de carbones para el puerto de Sevilla, y para la comarca que éste influya, cualquiera que sea la producción de carbón en la región, la importación de carbones ingleses, sostenida en todo tiempo por la baratura de los fletes de importación, debida al gran exceso que siempre ha de existir en este puerto entre el tonelaje de exportación y el de importación.

El tráfico con el extranjero de las mercancías generales no mencionadas particularmente, conservará probablemente, y durante mucho tiempo, parecida composición y análogo carácter al que presenta en la actualidad.

Se modificará principalmente por la apertura de nuevos mercados americanos, que ha de ser la consecuencia inmediata del aumento de calado, si se consigue este aumento, hasta disponer del necesario para que tenga lugar por la ría la navegación trasatlántica que, sin duda alguna, ha de crear en un día, quizás no lejano, corrientes comerciales con las Américas españolas y anglosajonas.

Muchos productos genuinamente españoles, propios de la región del puerto de Sevilla, y provenientes de otras comarcas de la Península, pueden fácilmente acumularse en el citado puerto, llegando á él, ya por la importante red de ferrocarriles que afluyen á Sevilla, ya por las líneas de vapores de gran cabotaje que tienen su domicilio en esta capital.

Recíprocamente en el puerto de Sevilla pueden también acumularse en depósito, sin pagar derechos de arancel, los productos americanos que se importan corrientemente en España, que llegarán fácilmente á los lugares de su consumo, conducidos hacia el interior por las líneas férreas que se cruzan en Sevilla, y á las costas y á sus zonas próximas por los barcos sevillanos de cabotaje.

La situación del puerto de Sevilla en el centro de la zona de las costas peninsulares debe considerarse estratégica para realizar esta misión.

Carácter especial de la transformación del puerto de Sevilla.

Pero claro es que, para que todos estos movimientos comerciales tengan efectivamente lugar, es indispensable que el puerto de Sevilla reuna condiciones adecuadas, que no han de tener otro objeto que permitir el tránsito, depósito, carga, descarga y movimiento de las mercancías de un modo seguro, rápido, fácil, económico é intensivo; de tal suerte, que todos los gastos que se originen á la tonelada de mercancía en las diferentes cargas, descargas, movimientos, preparaciones y transmisiones de dominio que necesita, representen un tanto por ciento insignificante de su valor y se verifiquen con gran expedición y en el menor tiempo posible.

Concebido de esta manera el puerto de Sevilla, y provisto de los elementos iniciales y esencialmente necesarios para realizar esta misión, de que se dió idea en el capítulo primero, no solamente se aumentará de un modo considerable el tráfico y el comercio con el extranjero, sino que recibirán gran impulso el comercio y tráfico de cabotaje, que, además, progresarán por el desarrollo y aumento progresivo de la riqueza nacional y de la zona que influye la vía marítima del Guadalquivir.

El puerto de Sevilla es evidentemente la puerta comercial del extenso y feraz valle de este río, que se encuentra, puede decirse, en el estado que lo creó la naturaleza, sin que hasta el presente nadie haya pensado siquiera en poner en estudio las transformaciones de que es susceptible, para crear la inmensa cantidad de riqueza que en germen se contiene en su dilatada superficie.

En la actualidad, y en otros países más adelantados, sería corriente y nada extraordinaria la ejecución de las obras que se deben llevar á cabo en el valle del Guadalquivir. En España parecen gigantescas é irrealizables.

El establecimiento de riegos en sus dilatadas vegas, creados por aumento y regularización del caudal de estiaje, obtenidos á virtud de grandes retenidas de las

aguas invernales, emplazadas en la región superior de la cuenca, que además evitarían en parte las avenidas y sus inconvenientes; y la construcción de un canal de navegación entre Sevilla y Córdoba, capaz de permitir la de grandes barcazas de 300 ó más toneladas de carga, harían del puerto de Sevilla el más importante de la Península, y serían problemas resueltos desde hace mucho en otras naciones; en la nuestra llegará, sin duda alguna, un día en que se aborden, siquiera esté, por desgracia, muy lejos del presente.

Pero cualquiera que sea la realidad de estas grandes transformaciones de la riqueza del valle del Guadalquivir, que hoy parecen soñadas, nadie puede dudar de que su paulatino progreso es, y ha de continuar siendo, un hecho; y con esta consideración basta para poder predecir, con certeza, que el tráfico de cabotaje del puerto de Sevilla ha de continuar creciendo por la influencia peculiar del natural desenvolvimiento de la riqueza de la comarca, conservando, por el pronto, los mismos caracteres que presenta en la actualidad.



VALOR DE LAS MERCANCÍAS

Años	Importación. — Pesetas.	Exportación. — Pesetas.	Entrada — Pesetas.	Salida. — Pesetas.	TOTAL en cada año. — Pesetas.	TOTAL de toneladas en cada año.	Valor medio de las mercancías. Pesetas.
1868	19.578,645	9.683,182	25 676,122	17 606,030	72.537,959	108,113	670
1878	18.998,191	20.636,665	32.720,570	24.014,986	96.370,412	237,796	405
1883	29.464,109	23.440,070	43.001,836	38.750,907	134.656,922	312,794	430
1888	28.076,555	14.227,097	45.049,720	38.005,168	125.351,840	297,937	420
1893	24.347.277	16.020,943	48 251,772	46.407,667	135.007,659	296,363	455
1897	21.391,852	27.200,636	53.821,649	37.724,492	140.138,629	575,488	243
1899	24.832,440	36.985,705	81 611,798	43.654,871	187.084,814	700,517	267

MINERAL EXPORTADO

AÑOS	Número de toneladas.	Cargamento medio — Toneladas.
1895-96	220.637	1491
1896-97	298.750	1584
1897-98	373.781	1869
1898-99	358 013	1987
1899 (6 meses)	131.028	2156
1900	333 823	2384
1901	359.641	2026

AÑOS	N.º DE BUQUES	TONELADAS QUE HAN NAVEGADO
1871	1229	149.989
1872	1349	163.821
1873	1340	188,632
1874	1256	210183
1875	996	177,839
1876	1550	188,207
1877	1344	237.585
1878	1376	231,745
1879	1178	231384
1880	1374	283463
1881	1181	233387
1882	1262	279,797
1883	1317	314,516
PRIMER SEMESTRE 1884	601×2=1202	145,816×2=291632
1884-85	1145	299,546
1885-86	1212	304,604
1886-87	1360	322,899
1887-88	1232	305,166
1888-89	1122	269,364
1889-90	1103	292,466
1890-91	1392	281,516
1891-92	1235	292,996
1892-93	1287	332039
1893-94	1215	289,633
1894-95	1128	332.955
1895-96	1227	523024
1896-97	1154	575,488
1897-98	1208	590,762
1898-99	1225	700,518
SEGUNDO SEMESTRE 1899	584×2=1168	319,715×2=639430
1900	1244	690599
1901	1334	714,993

ESCALA DE 1m.m. POR 50 BUQUES.

ESCALA DE $1 \, ^{m}/_{m} = 5000$ T.s

SEGUNDA PARTE

Estudio de las obras de mejora del Puerto de Sevilla, de la Ría del Guadalquivir y de su desembocadura.

Capítulo Cuarto

Condiciones del puerto para satisfacer las actuales, progresivas é inmediatas necesidades del tráfico.

§ I

Orden de Exposición

Bases de este estudio

Presentados antecedentes generales sobre el tráfico, navegación, carácter é importancia comercial del puerto de Sevilla en el presente y en el porvenir, debe estudiarse hasta qué punto hoy el puerto, propiamente dicho, con sus obras y servicios, y la ría del Guadalquivir con las suyas, satisfacen las necesidades del movimiento marítimo actual, y abastecerán, en lo sucesivo, las exigencias de su desarrollo y progreso, unos y otros, según se ha descrito en capítulos precedentes.

Se hará primero este estudio, en lo concerniente al puerto, considerando en conjunto las disposiciones que presenta para fondear y atracar los barcos y para efectuar la carga, descarga, movimiento y depósito de las mercancías, y será la base del que se ha de llevar á cabo inmediatamente, en el que se han de analizar cuáles son las condiciones que reune para atender á las exigencias del tráfico del porvenir y para desempeñar la importante misión que hemos dicho anteriormente le está confiada en el desarrollo y progreso de la riqueza comercial de la comarca.

El examen de las condiciones del puerto será el objeto de este capítulo y el análisis de la navegación de la ría, considerado también desde el punto de vista del modo cómo satisface las legítimas exigencias del presente; y bajo el aspecto de cómo preparan su mejora progresiva será objeto de otro capítulo que seguirá inmediatamente al actual.

§ II

Fondeadero

Longitud y anchura.

El fondeadero del puerto de Sevilla (véase el plano, hoja número 1), si bien tiene longitud suficiente para satisfacer las necesidades actuales de la navegación, debe considerarse estrecho; pues no solamente resulta poco desahogado para permitir el paso de barcos cuando existen dos fondeados, uno en cada orilla, sino que hace difíciles las viradas, aunque se practiquen, como siempre sucede, en las secciones transversales de mayor anchura.

Modos de fondear. Los buques se fondean siempre sobre sus anclas, paralelamente á la corriente, y amarrados con coderas á norayes situados en las orillas, de tal manera que se les impide todo movimiento.

Viradas. Las viradas se efectúan, constantemente, á son de corriente y sobre amarras que se hacen firmes en tierra.

La anchura de las aguas del fondeadero varía entre 130 y 140 metros, y los barcos que calan 10 ó 12 piés pueden utilizarla, en totalidad, para virar; pero la anchura disponible se reduce hasta tal punto, cuando los buques calan 17 ó 18 piés, que puede decirse que, en este caso, sólo pueden virar en las proximidades de plea, teniendo frecuentemente que hacer esta maniobra antes de recibir la carga.

Fondos disponibles al pie del muro. Los calados disponibles en el fondeadero y en la zona de atraque al muelle son escasos en general; no pasan en bajamar de 15 ó 16 piés, y sólo pueden mantenerse y obtenerse mayores por medio de dragados practicados con continuidad. Por excepción, en los embarcaderos de minerales, al fin del tramo casi recto del muelle, principio de la curva de los Remedios, que le sigue inmediatamente, se encuentran en bajamar calados de 17 á 18 piés, aunque también, de vez en cuando, hay que repasar los fondos con la draga.

Canal del fondeadero. La canal navegable, en el tramo del muelle, presenta asimismo fondos escasos; en bajamar puede mantenerse con 17 ó 18 piés en la mayor parte de longitud del puerto, pero necesita también frecuentes limpias, que resultan caras y estorbosas por demás, perjudicando gravemente el movimiento de los buques por razón de la poca anchura de que genéricamente se dispone en las aguas del puerto de Sevilla.

Distancia entre el muro y los barcos atracados. El régimen de aterramientos á que está sometido el cauce de la ría en toda su longitud y en la zona del puerto, la misma escasez de calado tantas veces mencionada, y el no poder dragar con la profundidad necesaria los fondos próximos al paramento del muelle, por consideraciones relacionadas con la estabilidad del muro, originan el hecho de que, en general, los barcos no pueden acercarse á éste en la medida que sería de desear, quedando la borda á cuatro y cinco metros del paramento de aquél, especialmente en los casos en que, estando muy calados, no reina la pleamar.

§ III

Muro del muelle y zona de servicio

Estabilidad del muro del muelle. En toda la longitud del muro del muelle y en los terraplenes de la zona de servicio, en su parte próxima al primero, se notan pequeños movimientos, que empezaron en los tiempos de su construcción, que han continuado después de un modo permanente, y que siguen en la actualidad, aunque muy atenuados.

En dos ocasiones distintas, en 1865 y en 1892, dos lienzos de muro de notable longitud se arruinaron y destruyeron; y aun todavía, en estos momentos, se está derribando otro tramo de unos 50,00 metros de longitud en estado de inminente ruína, quedando otro pedazo en que parece siguen los movimientos, si bien no es de temer por el momento, ni en algún tiempo, su ruína total.

No hay que decir que la causa general de los movimientos grandes y pequeños del muro, y de los terraplenes próximos, no es otra que su deficiente fundación, y que de este estado de cosas y de las precauciones que se han tomado en todo tiempo para remediarlo, tiene completo conocimiento la Superioridad.

También es cosa probada y sabida que no es prudente dragar á grandes profundidades los fondos fangosos próximos á las fundaciones de un muro que se encuentra en las condiciones antes dichas.

Longitud disponible para el atraque. La longitud del paramento de atraque del muelle del puerto de Sevilla es de 1.376'00 metros (véase el plano, hoja número 1), y esta misma es la de su

zona de servicio, cuya anchura varía entre 21'65 y 47'53 metros; la superficie que se puede utilizar para el movimiento y tráfico de las mercancías es de 45.252 metros cuadrados.

Y SUPERFICIE DE LA ZONA DE SERVICIO.

La longitud de atraque disponible es, en algunos casos, apenas suficiente, y en muchas ocasiones resulta escasa para las necesidades actuales del puerto; la anchura de la zona de servicio es pequeña por demás, y la superficie es tan reducida para el tráfico y movimiento de las mercancías, que sólo la costumbre y la suprema ley de la necesidad pueden explicar satisfactoriamente cómo en tan poco espacio se puedan realizar las operaciones todas que requiere el tráfico del puerto de Sevilla, coexistiendo en tan escasa anchura las vías de paso, carga y descarga de vagones, el tránsito de carros, el depósito ordenado de las mercancías y la vía de grúas.

§ IV

Servicios anejos á la explotación del Muelle

EMBARCADERO ESPECIAL DE MINERALES.

Como complemento indispensable del muelle y zona de servicio del puerto de Sevilla, existen los cargaderos provisionales y especiales de mineral, que consisten en espigones de madera rolliza, verdaderos andamios que ponen en comunicación las vías de llegada y salida de vagones con los buques que reciben la carga; ofrecen tres atraques, por los que se puede hacer diariamente, y á bajo precio (0'20 peseta por tonelada), la carga de más de 3.000 toneladas.

Los terraplenes que contienen las vías y los espigones que forman los embarcaderos, construídos sobre terreno fangoso, descienden con lentitud, salvo cuando sobrevienen avenidas, que, haciendo más fluídos los fangos sobre que insisten, provocan asientos de importancia tal, que, á las veces, en algunos puntos, han llegado rápidamente á cotas de sesenta ú ochenta centímetros.

GRÚAS, VÍAS Y TINGLADOS.

También tiene el puerto de Sevilla, como servicio complementario del muelle, seis grúas á vapor, movibles, de cinco á diez toneladas de potencia y de 6'50 metros de alcance; una grúa fija de mano de cuarenta toneladas y del mismo alcance, y varias otras movibles, manejadas á mano, de dos á cinco toneladas.

Además existen 6.194 kilómetros de vía férrea con sus cambios correspondientes, y seis tinglados cubiertos, cerrados y abiertos, para el depósito de las mercancías, con una capacidad total de 1.728'00 metros cuadrados.

La disposición y trazado de las vías férreas al servicio del muelle, el alcance y velocidad de los movimientos de sus grúas y la capacidad de los tinglados para mercancías, dejan también mucho que desear.

La reforma de tan importantes elementos para el buen servicio del tráfico fué, hace cuatro años, objeto de un proyecto cuya resolución aplazó la Superioridad por considerar prematura su redacción; sin duda será reproducido muy pronto, pues ya reviste carácter urgente la ejecución de sus obras, que además se han de ampliar con las indispensables para la reparación, tan definitiva como se pueda, del muro general del muelle.

Es más que probable que la Superioridad conozca de este último proyecto un poco antes ó á la vez que examina el actual.

§ V

Efectos de las avenidas en la zona de servicio

Avenidas máximas, ordinarias y extraordinarias.

La rasante general de la zona de servicio y del muelle está á la cota 5'66 de la bajamar, y como las avenidas extraordinarias del Guadalquivir alcanzan sobre este plano de comparación alturas hasta de 9'31 metros, y las máximas ordinarias llegan hasta la cota 7'50 metros, resulta que las avenidas máximas ordinarias y todas las extraordinarias, cualquiera que sea su importancia, inundan toda la zona de servicio, tomando sobre su superficie alturas variables que han alcanzado más de una vez la de tres metros, permaneciendo las aguas dos, tres y hasta cinco días sobre el muelle, y dejando una capa de aterramientos que llega á cubicar más de 6.000 metros, y que, en algunos puntos, alcanza alturas hasta de un metro.

Consecuencias de la inundación de la zona de servicio.

Cualquiera puede colegir cuáles serán las consecuencias de semejantes inundaciones y el espectáculo que ofrecerá la zona de servicio del puerto de Sevilla, primero, horas antes de la invasión de las aguas, al tratar de levantar desordenadamente y con gran premura, de noche ó de día, las mercancías cuyo salvamento es racionalmente posible conseguir; después, al ver cubiertas de agua durante horas y horas las grúas, los tinglados y las mercancías que se quedaron sobre el muelle; más tarde, al contemplar los barcos con la línea de flotación dos ó tres metros más alta que la arista del muro, apoyándose sobre espolines para evitar que sus pantoques y quillas se metan en el muelle, corriendo, al bajar las aguas, el riesgo de quedarse sobre él, como ya ha sucedido; y, por último, cuando han descendido las aguas, al apercibirse de que la que antes era animada y limpia zona de servicio de un muelle, llena de mercancías y henchida de vida y movimiento, queda convertida en un desierto y sucio fangal, en cuya superficie asoman mercancías deterioradas por las aguas, montones de objetos enterrados en arena y fango, pilas de efectos cuyos intersticios están llenos de arena, echándose de menos maderas, bocoyes, cajones y toda otra mercancía que sea de fácil flotación.

Al lado de este desierto fangal se ven montones de mercancías, depositadas en los paseos próximos á la zona del muelle, colocadas mezcladas y confundidas en espantoso desorden, y más ó menos deterioradas, por razón de la atropellada manera con que se retiraron de la zona de servicio.

Por otra parte, los tinglados, almacenes y oficinas, se encuentran recubiertos de una espesa capa de fango; los mecanismos de las grúas, todas las vías férreas y sus placas y cambios, y en general toda la superficie de la zona de servicio, se ven recubiertos de arena fina.

Imposibilidad de prever las inundaciones.

En la generalidad de los casos ni siquiera hay modo de evitar, en parte, tanto y tanto perjuício, por no haber medio de prever las avenidas del Guadalquivir, y por no disponer, en la mayoría de ellos, de tiempo suficiente para retirar las mercancías; tan repentinas son, á veces, las crecidas en su presentación, que es frecuente el caso de que, á las veinticuatro horas de iniciarse el temporal, las aguas monten la superficie del muelle.

Frecuencia de las avenidas que inundan la zona de servicio.

Además, rarísimo es el año en el que, por lo menos, no se presenta amenaza inminente de invasión de las aguas en la zona de servicio del muelle. Las avenidas que la inundan son frecuentes, como demuestra la estadística. ¡Desde 1877 á 1899, veintidos años, se inundó la zona de servicio del puerto de Sevilla veinticuatro veces, y en el año de 1892, desde Octubre á Marzo, siete veces subieron las aguas, en cinco ocasiones á alturas superiores á la rasante de dicha zona! ¡La mayor alcanzó una cota de 3'65 metros sobre la coronación del muro!

§ VI

Resumen del estudio hecho en este capítulo

De cuanto antecede resulta claramente que el puerto de Sevilla, tal como hoy se encuentra, no satisface, ni medianamente siquiera, las necesidades de su tráfico actual.

El estado de inestabilidad en que está el muro del muelle, la estrechura de la zona de servicio, y la frecuencia é intensidad de las avenidas que la inundan, demuestran plenamente esta afirmación, y constituyen tres defectos graves y de orden esencial, ante los cuales se empequeñecen, á pesar de su importancia, los inconvenientes, hasta la fecha llevaderos, intolerables en lo sucesivo, que son debidos á la escasez de fondos en los atraques, en la canal y en las viradas, y á las deficiencias señaladas en los accesorios de la zona de servicio.

Por consiguiente, aunque se prescinda indebidamente de la consideración de toda necesidad relacionada con el desarrollo y progreso naturales del tráfico, y de toda razón que se funde en las evidentes influencias que la reforma del puerto tiene en el progreso de la riqueza de la región que sirve, habrá que convenir en que el actual puerto de Sevilla exige imperiosamente intensa transformación, dirigida desde luego, y principalmente, á hacer desaparecer los defectos de orden esencial antes señalados.

Sentada esta conclusión, y teniendo también á la vista los demás inconvenientes que para servir al tráfico marítimo presenta hoy el puerto, fácil es comprender cuán lejos está de ofrecer la base necesaria para poder atender á las necesidades del tráfico del porvenir, y al desempeño de la importante misión, que, repetidamente hemos dicho, le está confiada en el desarrollo de la riqueza general de la comarca que influye.

¿Cómo poder lograr prácticamente el atraque, fondeo y movimiento de buques de mayor calado y porte que los actuales, con un muro que no está estable y con unos fondos ahora por demás escasos, por razón del régimen natural de las aguas, y que no se pueden aumentar de un modo permanente ni con obras ni con dragados?

¿Cómo establecer la zona de servicio que tantas veces se ha descrito ya de un modo genérico, provista de los medios modernos de manutención de los tráficos de depósito y de tránsito de las mercancías, allí donde no se dispone de la superficie conveniente ni aun para hacer solamente, y de un modo elemental y retrasado, el servicio de tránsito, en lugares y con emplazamientos que con tanta frecuencia cubren las aguas?

No hay duda; desde luego se ve claramente que el puerto de Sevilla, sin tener condición ninguna para ser transformado de tal modo que realice las necesidades del tráfico en un porvenir, ni próximo ni lejano, le falta mucho esencial para servir bien el de presente.

También con lo expuesto se impone la sospecha de que el remedio, ya urgente, de tal estado de cosas, ha de ser, probablemente, costoso, genérico y radical; y así sucede, en efecto; téngalo, desde ahora, entendido el lector.

Por lo demás, la situación del puerto, que se acaba de describir, es tan desconsoladora como verdadera, pues ha sido expuesta tal como es, cuidando con esmero de evitar toda exageración.

CAPÍTULO QUINTO

Generalidades sobre la mejora del puerto de Sevilla y caracteres y bases fundamentales de la solución.

§ 1

MEJORA DEL FONDEADERO

En este capítulo se va á hacer el examen de los medios que pudieran emplearse para remediar las numerosas é importantes deficiencias que presenta el puerto de Sevilla, expuestas en el capítulo anterior.

Este estudio se llevará solamente hasta el punto que sea necesario para definir los caracteres esenciales de la solución que en definitiva debe ser adoptada.

ENSANCHE DEL FONDEADERO.

La escasez de anchura que se nota en el fondeadero no se puede evitar; la latitud de la ría en el tramo del puerto, como en todos los demás, se determina por la consideración de mantener hoy fondos de 17 á 18 piés ingleses, en bajamar; estos fondos han de ser conservados por las velocidades de las aguas, que principalmente dependen de la anchura de la sección transversal.

Ahora bien; la experiencia adquirida en más de treinta años demuestra, sin ningún género de duda, que las latitudes de las secciones transversales del fondeadero son apenas suficientemente pequeñas para lograr la permanencia de los fondos dichos, porque aun con ellas es frecuente la necesidad de auxiliar con dragados á la acción de las corrientes que determinan, para sostener calados de 17 á 18 piés en la anchura del fondo que requieren los barcos para su virada, atraque y movimiento.

Si, pues, se aumentara la latitud de la ría en el tramo del puerto, decrecería visiblemente la eficacia de las corrientes, ya escasa hoy para conservar los fondos disponibles, también deficientes en la actualidad.

DRAGADOS EN EL FONDEADERO.

Tendría que encomendarse á la ejecución de dragados la conservación de los calados indispensables en el puerto, con todos los inconvenientes que este procedimiento trae aparejados.

SUS INCONVENIENTES.

El más pequeño de todos estos inconvenientes estaría representado por el aumento del volumen á dragar. Sería de más importancia el que consiste en tener constantemente ocupadas las aguas de un puerto y de un fondeadero, por sí mismos estrechos y deficientes, con un tren de dragado que, cuando trabaja, impide, necesariamente, en la zona en que se encuentra, el atraque y movimiento de buques.

La poca permanencia de los fondos obtenidos con la draga en un tramo más ancho que el actual, cuando deban ser de 17 á 18 piés á bajamar, y más aún cuando deban llegar á 23 ó 24 piés, en el mismo estado de marea, constituye el principal de los inconvenientes del procedimiento de mejora del fondeadero que ahora se considera, haciéndolo completamente inadmisible.

En el variable régimen de las aguas del Guadalquivir, cuyo nivel y cuyo poder de aterramiento varían con la más pequeña lluvia, los fondos artificialmente creados con la draga en secciones transversales de excesiva anchura, desaparecerían con tanta rapidez, principalmente en los meses de primavera, otoño é invierno, que en la mayor parte de los casos los depósitos que ocurrieran en las excavaciones recientemente practicadas, ni darían siquiera lugar á terminar los tajos, obligando repetidas veces á la draga á volver al punto en que dió principio á cualquiera de ellos.

Por consiguiente, el puerto permanecería en estado de verdadera y práctica obstrucción, impidiendo todo movimiento á los barcos cargados; en unos lugares, por estar ocupados por el material de dragado; en otros, por no haber llegado todavía el caso de empezar la limpia; y en otros, por haber desaparecido los fondos obtenidos por la draga pocos días antes.

Aumento de profundidad en el fondeadero.

No es, pues, posible emplear los dragados para ensanchar los fondos ahondables en el fondeadero; y por iguales razones resulta este procedimiento inadmisible por sí sólo para aumentar en tres ó cuatro piés los fondos que actualmente existen, sin ir acompañado de una disminución considerable de la anchura actual.

Porque evidentemente es, y la experiencia lo demuestra, que las secciones actuales de 130 ó 140 metros son excesivas para mantener en este tramo de ría, aun con el auxilio de dragados de alguna importancia, calados de 23 ó de 24 piés á bajamar, ya que apenas si son bastante estrechas para hacer permanentes los fondos que hoy existen de 17 ó 18 piés.

Imposibilidad de mejorar el actual fondeadero.

La conclusión que debe dejarse aquí sentada es que existe imposibilidad de mejorar de un modo aceptable y permanente, y tanto como se necesita, el actual fondeadero del puerto de Sevilla; pues si se atiende á la indispensable mejora de aumento de sus fondos, poniéndolos en disposición de abastecer las necesidades de la navegación de más calado que se ha de crear con la mejora de la ría, se aumenta en mucho el inconveniente, ya intolerable, en lo sucesivo más grave, representado por la estrechez del fondeadero; y viceversa, si se remedia la falta de anchura, se hace imposible, no sólo la permanencia de los fondos de que en la actualidad se dispone, sino la permanencia y aun la obtención de los calados que indudablemente ha de necesitar la navegación de la ría, una vez mejorada á virtud de las obras contenidas en este proyecto.

§ II

Mejora de la estabilidad del muro del Muelle

El muro del muelle necesita ser reformado para dejarlo en estado de estabilidad, y las obras al efecto necesarias constituyen el objeto de otro proyecto distinto del actual; por consiguiente, cualquiera que sea su importancia y cualesquiera que sean las dificultades de todo género que ofrezca su establecimiento, se considerarán ya ejecutadas en las consideraciones que van á seguir, y se tendrá el muro del muelle como estable, permitiendo además el atraque de los barcos al muro en condiciones aceptables.

§ III

Mejora de la zona de servicio

Inconvenientes capitales de la zona de servicio.

Presentaba la zona de servicio dos inconvenientes de importancia: carecía de capacidad necesaria para satisfacer las necesidades del tráfico actual por falta de anchura, y resultaba inadmisible é intolerable la frecuencia con que las aguas de avenida del Guadalquivir inundaban su superficie, acarreando los numerosos inconvenientes expuestos en el capítulo anterior.

Imposibilidad de ensanchar la zona de servicio.

Para remediar el primero de estos inconvenientes debe estudiarse la posibilidad de ensanchar la zona actual y el modo de aumentar la capacidad de servicio de aquélla de que se disponga en todo tiempo, cualquiera que sea su anchura, modificando las vías férreas, mejorando los aparatos de transbordo, emplazando convenientemente los tinglados, amplificando éstos y adoptando para los caminos de carácter ordinario trazados adecuados; todo con el fin de crear lugares de atraque de servicio intensivo que permitieran realizar en grandes cantidades y en poco tiempo el transbordo y movimiento de las mercancías.

La zona de servicio del puerto linda (véase el plano, hoja número 1), desde el puente de Isabel II hasta la Torre del Oro, con una anchurosa vía de la ciudad, y desde la Torre del Oro hasta el final del muelle con los jardines y paseo de Cristina y de las Delicias.

El primer trozo de los mencionados puede ensancharse tomando superficie del paseo de Colón, que tiene ahora anchura sobrada para las necesidades del tránsito, y que, aun después de quitarle lo necesario para el ensanche de la zona de servicio del muelle, quedaría con una latitud de treinta ó treinta y dos metros, muy suficiente para las necesidades del movimiento local.

Cierto es que este ensanche costaría caro, ya por el gran valor de estos terrenos, de propiedad del Ayuntamiento, que debería ser indemnizado, ya también por el desmonte de más de metro y medio que sería necesario practicar en toda su superficie para dejarla á la altura de la zona de servicio.

El segundo trozo de ésta linda, como se ha dicho, con los jardines de Cristina y el paseo de las Delicias, y por nada del mundo consentiría el pueblo de Sevilla que desapareciera, como sería preciso sucediese, su legendario paseo de fama universal, que constituye uno de los caracteres típicos de la ciudad, y que atrae numerosos visitantes de España y del extranjero en la época de la famosa Feria y de la renombrada Primavera sevillana.

Resulta, pues, que sólo se puede pensar en el ensanche de una parte de la actual zona de servicio, precisamente aquella en la que se dispone de mayor anchura, dentro de las estrecheces de que adolece toda ella, y la que está peor situada, para sacar buen partido de la latitud de que en todos los casos se pueda disponer, por encontrarse en la cabeza del puerto.

En la realidad práctica hay, pues, que desistir de ensanchar en la cantidad que se necesita toda la zona de servicio del muelle de Sevilla, estando, por consiguiente, destinada, en su mayor parte y longitud, á permanecer siempre con análogas dimensiones á las que hoy tiene, resultando, con el tiempo, cada vez más deficiente ante las necesidades progresivas del tráfico marítimo, y entorpeciendo el desarrollo y progreso de los intereses mercantiles, que exigen de día en día mayores superficies para instalar las zonas de servicio de tránsito y depósito de mercancías que caracterizan á los puertos modernos.

Mejora de la zona de servicio por la transformación de los medios de manutención del tráfico.

La creación de algunos atraques de servicio intenso, por la transformación de los medios de manutención del tráfico, no puede ser más que una solución del problema de que se trata, de carácter deficiente y paliativo. Cuando la falta de longitud y anchura de la zona de servicio son tan grandes, el mejor aprovechamiento de sus dimensiones podrá constituir un modo de mejorar de-

ficiencias de presente, pero jamás se podrá conseguir con este procedimiento atender en la debida medida necesidades del porvenir, que consisten principalmente en crear una zona de servicio que satisfaga á la moderna las necesidades de los tráficos de tránsito y de depósito.

Por lo demás, en el proyecto de mejora de la estabilidad del muro se estudia con todo detalle, con objeto de llevarla á cabo, la mejora de la actual zona de servicio, obtenida por el procedimiento que consiste en perfeccionar los medios de transbordar y de mover de todas las maneras las mercancías que constituyen el tráfico actual; y en aquel proyecto se ve claramente el verdadero alcance de esta mejora, que no es, ciertamente, mayor que el que se necesita para satisfacer las necesidades del tráfico del puerto nada más que durante el período relativamente largo que, como se verá después, ha de transcurrir hasta llevar á la práctica la solución definitiva de mejora del puerto de Sevilla que en este proyecto se propone.

Por otra parte, si por la combinación de los dos procedimientos, que consistiría en el ensanche del primer trozo de la zona actual de servicio, y en la transformación radical de los actuales medios de manutención del tráfico, pudiera llegarse á un puerto exento de todo otro inconveniente grave, sin duda alguna debería llevarse más lejos, y por este camino, el estudio de la mejora de la zona de servicio, aunque fuera para desecharla. Pero como así no sucede, porque la falta de longitud, de anchura y de profundidad en el fondeadero, y los inconvenientes que acarrean las inundaciones son irremediables en el puerto actual, no hay por qué hacerse cargo con más detalle de esta tercera solución de mejora de la zona del muelle, imposible además por sí misma, por la violenta actitud que adoptara el pueblo de Sevilla, aunque se respetara el paseo de las Delicias al desaparecer todo el paseo de Colón y los jardines de Cristina, hecho que haría perder á la Ciudad uno de sus principales atractivos y bellezas, convirtiendo estos típicos jardines en un barrio comercial, de carácter poco artístico, molesto y antipático para el público que no pertenece á aquella clase.

§ IV

Imposibilidad de evitar la frecuente inundación de la actual zona de servicio

Rasante de una zona de servicio no inundable.

Para evitar los graves inconvenientes que producen las frecuentes avenidas del Guadalquivir, inundando la zona de servicio del puerto, no hay remedio alguno distinto del que consiste en elevar la altura de su rasante la cantidad necesaria para sacarla fuera del mayor nivel conocido que han alcanzado las aguas del Guadalquivir. Es así que la avenida de 10 de Marzo de 1892 elevó su nivel hasta 3,65 metros sobre la arista del muro de atraque; luego en esta altura, aumentada por otra que habría de representar cierto coeficiente de seguridad, habría que recrecer el terraplén de la actual zona de servicio.

Solución que es pura y simplemente de imposible realización.

Modificación de la rasante del puente de Isabel II.

Por de pronto, la dicha elevación de rasante traería inevitablemente, como consecuencia, la necesidad de levantar, por lo menos en 3,00 metros, la del puente de Isabel II (véase el plano, hoja número 1), modificando, precisamente, también la de las calles de la Ciudad y del barrio de Triana que afluyen al puente. Variaciones todas tan radicales, tan difíciles y tan costosas, que deben ser juzgadas en la práctica de imposible establecimiento.

Se funda la elevación de la rasante del puente en la necesidad de que éste permita el paso inferior de los trenes que habrían de traer y llevar mercancías de la estación de M. Z. A. al puerto.

Cruzamiento á ni-

El número de trenes es ya hoy considerable y ha de ser mayor en lo su-

cesivo, pues por la red de M. Z. A. ha de tener siempre lugar más del 70 por 100 del tráfico marítimo total.

VEL DE LA AVENIDA DEL PUENTE.

Por otro lado, el contínuo paso de personas y de toda clase de vehículos que á todas horas tiene lugar por el puente aleja toda posibilidad de establecer á nivel el cruce de tan importantes corrientes de tráfico y movimiento; modo de cruzamiento que, además, exigiría la ejecución de importantes obras en el ramal de la estación al puerto, destinadas á establecer aquella rasante que fuera adecuada para poner la nueva zona de servicio en comunicación con la estación.

TERRAPLÉN DE RECARGO PARA ELEVAR LA RASANTE DEL ACTUAL.

Además, la elevación de la rasante del terraplén de la zona actual supondría la ejecución de otro de recargo, de más de cuatro metros de altura, que traería consigo la presentación de grandes asientos de los fondos en que se apoya el terraplén actual, que se encuentra en estado de estabilidad estricta.

Los asientos de los fangos producirían movimientos en el terreno de fundación del muro actual y del muro reformado, y, además, levantarían los fondos próximos de la canal, que, al ser restablecidos por medio de dragados, darían lugar á nuevos asientos de los terraplenes, á nuevos movimientos en las fundaciones del muro, á nuevas dislocaciones de éste y á nuevos levantamientos de los fondos próximos al muelle.

Sabido es que, cuando se presenta esta clase de movimientos en los terrenos fangosos, se tarda años y años en lograr la estabilidad de las construcciones que sobre ellos insisten, haciendo imposible, durante este tiempo, todo atraque y todo uso de los terraplenes y muros.

MENOR ELEVACIÓN DE LA RASANTE DE LA ZONA DE SERVICIO.

Si en lugar de recrecer la rasante de la zona de servicio en la cantidad de cuatro metros, necesaria para sacarla fuera del alcance de todas las inundaciones, se elevara sólo en metro y medio, que sería aquella altura que evitaría la modificación de rasante del puente de Isabel II, siempre resultarían, aunque atenuados en cantidad que no se puede precisar, los inconvenientes relacionados con la estabilidad de los terraplenes del muro y de los fondos de la canal.

Ya el Sr. Pastor y Landero tuvo lugar de observar la falta de cohesión de los fangos en que se apoyaban los terraplenes; pues habiéndose iniciado movimientos, originados por esta causa, al establecer los que hoy existen con la rasante baja, desistió, con aprobación de la Superioridad, de establecer los que el proyecto ordenaba, que tenían precisamente una rasante dos metros más alta que la que aquel distinguido Ingeniero adoptó al tiempo de la construcción del muelle.

La mejora, desde el punto de vista especial de las inundaciones, fundada en la elevación de metro y medio de la rasante actual, no sería, además, á todas luces suficiente; pues la estadística de las acaecidas durante los últimos veinte años demuestra que las aguas le hubieran cubierto siete veces en este espacio de tiempo. Situación esta todavía del todo inaceptable para una zona de muelle destinada á servir, á la moderna, las necesidades de un tráfico tan importante como ciertamente ha de ser, en un porvenir próximo, el que ha de mantener el puerto de Sevilla.

CONCLUSIÓN.

No hay, pues, duda, existe imposibilidad absoluta de evitar los inconvenientes de gravedad reconocida que acarrean las inundaciones á la actual zona de servicio.

§ V

BASE DE TODA SOLUCIÓN CAPAZ DE MEJORAR LAS DEFICIENCIAS DEL PUERTO ACTUAL

LOS IRREMEDIABLES INCONVENIENTES DEL PUERTO SON ORIGINADOS POR SU EMPLAZAMIENTO.

Es, pues, visto, y queda demostrado el hecho de que, mientras subsista donde está emplazado el puerto de Sevilla, los inconvenientes principales que presenta serán prácticamente irremediables.

No se podrá aumentar la línea de atraque; la zona de servicio se inundará como ahora se inunda; su superficie será cada vez más deficiente, y ya lo es mu-

cho en la actualidad; y el fondeadero, hoy escaso de anchura y de fondos, lo será aún más ante las necesidades del tráfico del porvenir.

Por consiguiente, tal como es el puerto de Sevilla, y tal como puede ser transformado en su actual emplazamiento, ni satisface de un modo aceptable las necesidades del tráfico que hoy mantiene, ni se puede mejorar de la manera, con las condiciones y con la amplitud que exigen su propio progreso y desarrollo, y los de la riqueza de la comarca que influye.

Único modo de mejorar práctica y radicalmente el puerto de Sevilla.

Si fuera dado encontrar en los tramos de cauce próximos á la Ciudad tal emplazamiento para muelle y puerto, que, reuniendo las ventajas que presenta el actual, estuviera exento de sus inconvenientes, podría aspirarse á solucionar radicalmente el problema, creando para lo futuro un puerto tan amplio, tan perfecto y tan completo como necesita el grandioso porvenir del comercio marítimo de la capital de Andalucía.

Si, además, estudiada esta solución, pudiera llevarse á la práctica, realizándola por partes, y en la medida que en cada momento aconsejaran las necesidades del tráfico y la importancia de los recursos disponibles, toda vacilación para adoptarla sería improcedente; porque, siguiendo estos derroteros, no solamente el tráfico de hoy sería atendido con los medios que proporcionara el puerto actual, después de mejorados los elementos de manutención del tráfico, sino que el servicio del porvenir, inmediato ó lejano, quedaría en todo caso garantido, construyéndose en cada momento la parte conveniente del nuevo muelle y de zona de servicio.

Al llegar á este punto anticipamos al lector que esta solución existe, y que domostrar este aserto y preparar su realización en la forma prudente, práctica y modesta que se ha dicho antes, es uno de los objetos principales de este proyecto.

§ VI

Emplazamiento del nuevo puerto

Inconvenientes de los emplazamientos situados en los tramos de ría próximos á Sevilla.

El nuevo puerto de Sevilla no se debe emplazar, ni en el tramo de ría de aguas arriba del puente de Isabel II, ni en el de aguas abajo que sigue al puerto actual, por la vuelta de los Remedios, tramo de los Gordales y tramo de las Pitas, que son los más próximos á la ciudad. (Véase el plano, hoja número 1.) El primero tiene, entre otros inconvenientes, el de necesitar una modificación importante en el puente de Isabel II, haciéndolo giratorio para permitir el paso de los barcos; el de presentar poco espacio para zona de servicio y poco frente recto de atraque; el ser de difícil comunicación con la Ciudad, por la interposición de la estación y vías de M. Z. A.; el de tener escasos fondos permanentes, por estar situado en una violenta convexidad; el hacer difícil la construcción de terraplenes, por ser el terreno de la margen de fangos blandos no consolidados; el de ofrecer escasa ampliación á la línea de atraque y otros varios de enojosa enumeración.

El tramo de la vuelta de los Remedios, el de los Gordales, el de la vuelta de Tablada y el de las Pitas, presentan análogos inconvenientes á los enumerados, á saber: poco frente de atraque, poca resistencia en los terrenos de la margen para sostener los terraplenes de la zona de servicio, de cota relativamente alta; estar alejados de la Ciudad y del movimiento mercantil de la misma; escasez, por ley de régimen, en los fondos de sus aguas; difícil comunicación con el puerto actual, hasta el extremo de establecer total separación entre los dos puertos, quedando el muelle que se situara en el tramo de las Pitas, que parece por algu-

nas razones ser el más apropiado, á 5'280 kilómetros del puerto actual y de la Ciudad.

En una palabra: son tan malas, bajo todos puntos de vista, las condiciones de estos emplazamientos, que, si no hubiera otra solución, sería preferible, á construir en cualquiera de ellos el nuevo puerto, pechar con los inconvenientes importantes y graves que ofrece el actual.

EMPLAZAMIENTO DEL NUEVO PUERTO EN LA CORTA DE TABLADA.

Por fortuna, y por razones de peso, relacionadas con las conveniencias de la navegación y de las obras de defensa de la Ciudad contra las inundaciones del Guadalquivir, es muy conveniente, por no decir indispensable, la apertura de una corta ó de un nuevo cauce que, partiendo de un extremo del actual puerto, se une tangencialmente con la vuelta de la punta del Verde (véase el plano, hoja número 3), y este nuevo cauce reune todas las ventajas apetecibles para emplazar el nuevo puerto de Sevilla, constituyendo una solución, por demás satisfactoria, del importante y difícil problema que se viene considerando.

§ VII

VENTAJAS DE LA SOLUCION ADOPTADA

DEMOSTRACIÓN DE LAS VENTAJAS DE LA SOLUCIÓN.

Para comprobar la certeza de tan importantísimo aserto, se hará mención sucesiva de las conveniencias que reune desde todos puntos de vista esta solución, que es la adoptada.

La demostración de sus ventajas resultará evidente; para unas, surgiendo de la inspección del plano; para otras, se encontrarán en las consideraciones que se han de hacer en el lugar oportuno de esta Memoria sobre el régimen de las aguas y fondos de la corta; y para otras resultará en el proyecto especial del nuevo puerto y muelle que, formando parte del presente, lo acompaña.

FACILIDAD DE COMUNICACIÓN CON EL PUERTO ACTUAL Y CON LA CIUDAD.

El nuevo puerto es continuación y prolongación del actual, y, por consiguiente, ni divide ni separa el tráfico marítimo, ni es posible encontrar otro más próximo á la Ciudad, ni que mejor utilice las vías férreas y de carácter ordinario que están ya establecidas.

Tiene fácil comunicación con las estaciones de las redes de M. Z. A. y de los Andaluces, que se puede hacer con una y otra, como en el plano se indica.

VENTAJAS DE LA ZONA DE SERVICIO.

La zona de servicio del nuevo puerto, establecida sobre un terraplén que recrece en dos metros la altura del terreno natural, firme y resistente, está fuera en absoluto del alcance de toda inundación, y puede ser tan amplia, dilatada y extensa, como se quiera, prestándose á maravilla al establecimiento de vías férreas de circulación, de carga y descarga de vagones para el servicio general, á la construcción de tinglados, depósitos comerciales de uso público, á la instalación de cargaderos especiales de minerales, granos, petróleos y toda clase de mercancías; á la concesión de depósitos comerciales y cargaderos de uso privado y particular, pudiendo servirse todos estos establecimientos, complementarios de la explotación moderna de un puerto, por medios intensos, rápidos y baratos.

RAMALES DE VÍA DE COMUNICACIÓN CON LAS ESTACIONES.

El ramal de vía férrea de comunicación con la Estación de los Andaluces no será en ningún caso inundable; el que une al puerto con la de M. Z. A. se inundará únicamente, interrumpiendo la comunicación, cuando sobrevengan las máximas avenidas extraordinarias, y solamente durante las pocas horas en que su nivel permanezca en la máxima elevación; es decir, que sólo por breve tiempo, y tres ó cuatro veces cada veinte años, se interrumpirá el paso de trenes por este ramal.

La existencia del puente de Isabel II, y la dificultad de levantar su rasante, son las únicas causas que impiden sacar el ramal fuera del alcance de todas las avenidas.

Paramento de atraque.

El muelle propiamente dicho, ó sea la obra destinada á proporcionar el paramento de atraque, es extraordinariamente barata por unidad de longitud, y su estabilidad será completa y permanente.

El frente de atraque disponible puede considerarse de longitud indefinida; en cada instante se construirá la que se necesite ó la que se pueda costear, según las exigencias económicas y del tráfico.

Perfección de los atraques.

Los atraques se harán en todos los estados de marea y cualquiera que sea el calado de los buques, tocando el costado de éstos al paramento.

Fondeadero.

La profundidad del fondeadero y de todo el puerto será permanente, facilísima de conservar y de siete metros y medio, equivalente á 24—9 piés ingleses en bajamar viva.

La anchura del fondeadero con esta profundidad se ha fijado en 150 metros. Si se necesitase mayor para realizar las viradas de los buques, nada más fácil que ensanchar en forma circular la parte á este efecto necesaria, disponiendo, además, en tierra y sobre boyas, las amarras que requiera esta operación.

Tenedero.

El fondo de la corta, de cantos rodados mezclados con arena, será un excelente tenedero para las anclas.

Puente giratorio de comunicación entre las dos orillas.

Al principio del nuevo puerto, en la embocadura de la corta, es indispensable construir un puente giratorio que ponga en comunicación la orilla izquierda, ó de la Ciudad, con la orilla derecha, ó sea con los terrenos que, formando isla, quedan rodeados por el antiguo brazo y por la nueva corta, y separados totalmente de la margen izquierda.

Es de advertir que la existencia de este puente no se funda en el hecho de que el puerto esté emplazado en la corta; se origina su necesidad por la apertura del nuevo cauce, con independencia absoluta de que en él se construya ó no el puerto y su zona de servicio.

Aprovechamiento de la orilla opuesta al puerto.

Establecido el puente y emplazado el nuevo puerto en la orilla izquierda, claro es que la orilla derecha reune muy buenas condiciones para el establecimiento de embarcaderos y muelles de carácter público, si se necesitara; aunque resulta más apropiado para colocar en ella muelles ó cargaderos de uso particular, que pueden ser utilizados por los establecimientos industriales que, andando el tiempo, se han de crear ciertamente en los terrenos que forman, en la orilla derecha, la isla antes mencionada, rodeada por la corta y por el antiguo cauce, y partida en dos por un tramo del río Guadaira, que, á poca costa, puede hacerse navegable para barcazas de 300 á 400 toneladas.

§ VIII

Inconvenientes de la solución adoptada

Consideración que aminora el inconveniente único de la solución.

Es cierto que el inconveniente de la solución, cuyas grandes ventajas se acaban de enumerar, consiste en lo costoso de la apertura de la corta; pero la mejora del actual puerto de Sevilla no debe pechar con todo él, pues aquella apertura también se hace, como se verá en lugar oportuno, por razones importantes relacionadas con las conveniencias de la navegación, y por exigencias de las obras de defensa de la Ciudad contra las avenidas del Guadalquivir.

Necesidad inevitable de aceptarlo.

De todos modos, y cualquiera que sea la influencia que las conveniencias de mejora del puerto ejerzan en la apertura de la corta, como resumen del estudio hecho en este capítulo, se llega inevitablemente á esta importante conclusión.

Sin llevar á cabo la apertura de la corta es imposible la mejora eficaz del puerto de Sevilla; toda reforma de éste que reconozca por base aprovechar su emplazamiento, servirá sólo para mejorar algo las condiciones que tiene el puerto para servir el tráfico actual, pero será de absoluta ineficacia y de ninguna transcendencia para atender las exigencias del tráfico del porvenir y para colocar al

puerto de Sevilla en condiciones de competir con los puertos modernos y de servir los importantísimos intereses comerciales y marítimos de la región.

Igualdad que esencialmente existe entre las maneras de mejorar el puerto de Sevilla y los demás puertos.

Y después de todo, si bien se examina la cuestión, la mejora radical del puerto de Sevilla se encuentra en iguales condiciones que las mejoras aceptadas para todos los puertos españoles, realizadas en muchos de ellos.

Puertos tan importantes como los de Barcelona, Valencia, Cartagena, Almería, Málaga, Huelva y Bilbao, han sido mejorados, ó se están mejorando, de análoga manera á la que se pretende emplear para el puerto de Sevilla, pues todos han aumentado sus muelles con las zonas de servicio, han ensanchado y profundizado sus fondeaderos, han ampliado, en una palabra, los puertos que existían antes de la mejora, conservándolos en parte, y en general solamente para emplearlos en el servicio del tráfico de segundo y tercer orden; y todos también, y esto es muy importante, han gastado millones, en número considerable, solamente en mejorar sus muelles, fondeaderos y puertos.

Diferencia no esencial que existe entre la mejora del puerto de Sevilla y la de los demás.

La diferencia que existe entre la mejora del puerto de Sevilla y la mejora de los ya citados, consiste, únicamente, en que éstos han tomado del mar las aguas de sus fondeaderos y las superficies de sus zonas de servicio, y Sevilla, por ser un puerto tan interior y de ría, tiene, necesariamente, que proceder al contrario: debe quitar tierras para disponer de las aguas que exige la ampliación y mejora de su puerto y de su fondeadero.

Razón que particularmente existe en el puerto de Sevilla para su mejora.

Las mismas razones de insuficiencia de los puertos antiguos, que existieron en las localidades antes dichas para mejorarlos y ampliarlos, existen en el de Sevilla, y á mayor abundamiento aduce éste otra razón de peso, que le es peculiar, para fundamentar la necesidad de hacer gastos de alguna consideración para su mejora, que es la de que, una ó dos veces por año, las aguas cubren su zona de servicio. ¡Imagínese cuál sería la situación de los puertos marítimos si las aguas del mar, por razón de mareas extraordinarias ó por excepcionales niveles de los temporales, invadieran con relativa frecuencia y con alturas considerables sus zonas de servicio, y se vieran interrumpidas por la misma causa y con análoga frecuencia sus comunicaciones con la ciudad y con las estaciones de las vías férreas que á ellos afluyen!

La mejora propuesta para el puerto de Sevilla es análoga á la de los demás puertos.

Cuando se persiguen fines tan transcendentales como los que, en general, se tratan de conseguir con la mejora radical y definitiva de los puertos, no debe temerse la realización de los gastos al efecto necesarios, porque siempre son reproductivos; y cuando, aplicando más ó menos conscientemente este criterio, todo el mundo encuentra que es por demás corriente y natural gastar sumas de seis, ocho ó diez millones de pesetas en la creación de puertos á la moderna, en Barcelona, Bilbao, Valencia, Cartagena, Almería, Huelva y en otros, siguiendo el procedimiento de transformación y de ampliación notable de los antiguos, nadie debe acoger con extrañeza y prevención el hecho de que el puerto de Sevilla, para ser transformado en puerto moderno, requiera el gasto de una parte mayor ó menor de los ocho millones de pesetas que importa la apertura de la corta de Tablada, merced á la cual se obtienen para el nuevo puerto adecuado emplazamiento, amplio y profundo fondeadero, extensa y no inundable zona de servicio y gran longitud de atraque, en la cantidad que se pueda necesitar ahora y en porvenir más ó menos remoto.

La mejora del puerto de Sevilla que se propone en este proyecto, única satisfactoria, que se funda en la apertura de la corta de Tablada, no sale, pues, de lo corriente y acostumbrado, ni desde el punto de vista de los fines que con ella lícitamente se persiguen, ni con respecto al procedimiento que se emplea para conseguirla, ni por razón de los gastos que representa su realización y establecimiento.

Capítulo Sexto

Condiciones que presenta la ría para satisfacer las actuales y progresivas necesidades de la navegación

§ 1

Navegación actual

Región fluvial y región marítima.

Al examinar las condiciones que presenta la vía marítima del Guadalquivir para mantener la actual navegación, estudio preliminar y previo al que ha de seguir con objeto de deducir los medios que deben emplearse para mejorarla, procede considerar dividida sus aguas en dos regiones esencialmente distintas: la primera, de una longitud de 87'300 kilómetros, comprendida entre el puente de Isabel II, situado en Sevilla, y Bonanza; y la segunda de 85 kilómetros cuadrados de superficie, que, empezando en Bonanza, concluye en el mar libre, que puede considerarse da principio en la línea que une el escollo de Salmedina con Torre Salabar, puntos ambos situados en la costa Norte del saco de Cádiz. (Véase el plano, hoja número 2.)

La primera región, influída regularmente por la marea, es marítimo-fluvial, y constituye una ría bien caracterizada; y la segunda, genuinamente marítima, forma el abra embudada en que desemboca el río, conocida con el nombre de Broa de Sanlúcar.

En este capítulo se hará el estudio de la navegación de la ría, propiamente dicha, y en otro siguiente se estudiará la navegación de la desembocadura marítima.

Porte de los barcos que navegan la ría.

Las dimensiones de la mayoría de los barcos de vapor que hoy frecuentan el puerto de Sevilla, son 70 á 80 metros de eslora, 11 á 13 de manga y 6 á 7 de puntal, calando, al máximo, de 18 á 19 piés (5,48 á 5,80 metros respectivamente).

Tienen capacidad, en general, para tomar entre 1.500 y 2.300 toneladas en cargamento completo.

También recorren la ría del Guadalquivir algunos barcos de 95 y más metros de eslora, 14 de manga y 8 de puntal, pudiendo calar, como máximo, de 21 á 22 piés (6,42 á 6,72 metros): su capacidad total de carga varía entre 2.800 y 3.500 toneladas.

Por consiguiente, las profundidades disponibles, de 18 y medio piés en mareas vivas y de 17 en las muertas, obligan en estas mareas á dejar cargas, que oscilan entre 500 y 1.500 toneladas, á la casi totalidad de los barcos que pasan por la ría, y á no tomar en mareas vivas cantidades de carga hasta de 1.500

toneladas, si no á la mayoría, á un número muy notable de los barcos que llegan á Sevilla.

La navegación á la vela es de escasa importancia con relación á la de vapor. Los veleros mayores tienen 45 ó 50 metros de eslora, 7 ú 8 de manga y 5 de puntal; calan menos de 17 piés á toda carga, y ésta no pasa de unas 400 toneladas.

Fondeadero de Bonanza.

En la navegación de entrada fondean los barcos frente á Bonanza, si llegan de la mar en un estado de marea que no es el apropiado para subir la ría.

Del mismo modo, en la navegación de salida fondean los barcos en el tramo de Bonanza, en espera de las proximidades de la fase de plea en las aguas de la desembocadura, que es el estado de marea que requiere una buena navegación por la Broa.

Este fondeadero es, pues, muy usado, y sus condiciones son excelentes por lo abrigado, por lo ahondable, por lo extenso y por presentar sus fondos buen tenedero para las anclas.

Navegación de entrada.—Barcos de vapor.

En la navegación de entrada abandonan, generalmente, los barcos el fondeadero de Bonanza, después de la media marea de creciente, para buscar corriente favorable y con objeto de evitarse en su marcha el retardo que, en otro caso, necesariamente produciría la vaciante, que reinaría durante casi todo el tiempo que emplease en la subida, hasta su llegada á Sevilla.

Los barcos de vapor recorren la ría con una velocidad de unas ocho millas marinas, análoga á la de la propagación de la marea, empleando en la subida como unas cinco horas y media; de modo que, si salen de Bonanza á un tercio, á media marea creciente, ó en las proximidades de la plea, pasan por todos los lugares de la ría y llegan á Sevilla encontrando en todos la misma fase de marea en que zarparon, ú otra muy próxima á ella. De suerte que montan la ría casi en plea ó con mucha creciente, favoreciendo este estado de marea su paso por todos los bajos y ayudando á la marcha la corriente que reina durante la navegación.

Por estas razones, todo buque que puede atravesar la desembocadura marítima en el último tercio de creciente, sigue su viaje sin parar en Bonanza, aprovechando este estado de marea, que los acompaña hasta el puerto; pero, en otro caso, navegan la Broa en la estoa de plea ó en sus proximidades de creciente, y entonces, reinando la vaciante cuando llegan á Bonanza, tienen necesidad de aguardar la creciente siguiente, perdiendo en esta espera siete ú ocho horas.

Navegación de entrada.—Barcos de vela.

Los buques de vela suben la ría con la creciente, como los de vapor; pero como su velocidad depende del viento, casi nunca pueden llegar hasta Sevilla dentro de aquel estado de marea; pues por una parte, rara vez llevan el viento suficientemente largo, intenso y continuo, para conseguir este efecto; y, por otra, tienen que perder, inevitablemente, mucho tiempo para montar las vueltas y tornos que existen en toda la ría, y principalmente en la región superior.

Lo que ordinariamente ocurre es que, con vientos favorables y de mediana intensidad, encuentran la vaciante en la región inferior, viéndose en la precisión de fondear en espera de la nueva creciente y de un viento que sea más ó menos aprovechable.

Si el viento es contrario, los barcos de vela de pequeño porte se aventuran á voltejear con ayuda de las sucesivas crecientes, fondeando cuando, por reinar la vaciante ó por disminuir la intensidad del viento, no les trae cuenta seguir navegando, ó cuando la estrechura de las aguas ú otra circunstancia les impide ganar en la buena vuelta la cantidad de barlovento conveniente.

Los veleros de porte, que calan de 12 á 17 piés, pueden remontar la ría de la misma manera que se ha dicho para los barcos de menores dimensiones, teniendo que soportar los mismos inconvenientes, si bien se agravan considerablemente por razón de su mayor calado, de la clase de aparejo, de las dificultades

de maniobra y por causa de tener que ceñir una canal más profunda, que no puede menos de ser en todos los tramos de la ría más estrecha y tortuosa que aquella porque navegan los veleros de menores dimensiones.

De aquí que sea corriente que, aun reinando vientos favorables á la salida de Bonanza, los barcos de vela de porte tomen remolcador para hacer la navegación de subida á Sevilla, sobre todo si, como acontece generalmente, la importancia de su flete soporta el gasto á que obliga el uso de este medio auxiliar.

Navegación de salida.—Barcos de vapor.

En la navegación de salida siguen los barcos de vapor regla distinta que para la entrada; zarpan de Sevilla con creciente y en el momento que conviene para pasar en plea la región de fondo mínimo de la ría, que es ahora, y será durante mucho tiempo, la comprendida entre Sevilla y la corta Fernandina (véase el plano, hoja número 2); y claro es que, si la plea les coge en esta región, habrán de navegar, desde la corta Fernandina, reinando la vaciante.

Ordinariamente tardan los barcos de vapor, de Sevilla á la Compañía, dos horas y media (véase el plano, hoja número 2); de la Compañía á Tarfía dos horas y cuarto; en este lugar encuentran la estoa de baja ó sus proximidades, y escaseando la profundidad, se ven obligados á fondear en espera de la creciente; cuando ha transcurrido su primer tercio continúan la navegación, empleando dos ó tres horas en llegar á Bonanza, donde fondean si el estado de la marea en la Broa no les permite hacerse á la mar.

Navegación de salida.—Barcos de vela.

La salida de los buques de vela se hace con la vaciante, que se aprovecha todo lo posible con el viento reinante, procurando llevar la marea de tal modo que puedan, según su calado, dominar los bajos, fondeando donde les coge la creciente y el viento se les hace escaso ó contrario.

Los veleros de pequeña importancia navegan de la misma manera que los de porte, con la diferencia que gozan de la facultad de poder voltejear más frecuentemente, en mejores condiciones y con mayor utilidad para adelantar en el sentido de su marcha.

En la salida de los barcos de vela influyen mucho, como en la entrada, las vueltas violentas que presenta la ría.

Lo ordinario es que todo velero de porte haga á remolque su navegación de salida.

Comparación de la navegación de entrada y salida.

Por lo hasta aquí expuesto sobre las navegaciones de entrada y salida de los barcos de vela y de vapor, se comprende fácilmente que es más penosa y difícil la de salida que la de entrada, que está á todas luces favorecida por el modo de ser de la marea.

Por esta razón, para estudiar la navegación del Guadalquivir, se tendrá siempre á la vista la de salida, en la seguridad de que, mejorada ésta, lo será también con creces la de entrada.

§ II

Deficiencias de la ría para la navegación actual y de porvenir

Fondos de que se debía disponer para la navegación actual de 18 y medio piés ingleses.

La mayoría de los barcos que frecuentan el puerto de Sevilla calan, con cargamento completo, de 18 á 19 piés; por tanto, la ría del Guadalquivir debería disponer de las profundidades que en cada punto de su longitud fueran necesarias, para hacer posible, en mareas vivas y muertas, la navegación de esta clase de buques, si había de satisfacer cumplidamente las necesidades actuales de la navegación.

Dista mucho, por desgracia, de encontrarse en semejante estado; pues, como se ha dicho anteriormente, sólo en pleas vivas pueden recorrer la ría barcos con 18 y medio piés, y aun la navegación de éstos es difícil por la escasez de fon-

dos con que luchan en toda la región superior y en los tramos de la Mata y de Isletón de Tarfía.

Un barco con calado efectivo de 18 y medio piés necesita, para conservar su gobierno, llevar debajo de la quilla unos 50 centímetros de profundidad, ó sea pie y medio; por consiguiente, la ría debería ofrecer en todas partes, al paso de los barcos, una profundidad mínima de 6'12 metros, equivalente á 20 piés ingleses.

En el estudio gráfico de la navegación del Guadalquivir que se inserta al final de esta Memoria, anejo número 1, se representa: primero, el perfil longitudinal de la canal navegable; segundo, el lugar geométrico de las bajas vivas ordinarias; tercero, el de las pleas vivas ordinarias; cuarto, los planos de comparación á que están referidas las profundidades en este perfil y en todos los planos de la ría que acompañan al proyecto; quinto, los lugares geométricos de las alturas de marea que, sucesivamente, encuentra un barco á su paso por cada punto de la ría, marchando con una velocidad de 8 millas horarias, saliendo de Sevilla en la media marea creciente ó en la fase de pleamar; y sexto, las profundidades que debería encontrar un barco á lo largo de la ría en distintas hipótesis de navegación, que después serán mencionadas.

Consideremos por el momento la navegación, que pudiéramos decir actual, con 18 y medio piés de calado efectivo y uno y medio de garantía, y supongamos que esta navegación se hace en la hipótesis del mejor aprovechamiento de la marea, saliendo de Sevilla en la media de creciente.

El barco que la realice encontrará las alturas de marea que indica el correspondiente lugar geométrico, representado en el gráfico con línea de trazos rojos; por consiguiente, en cada lugar debería existir la mínima profundidad de 6'12 metros, equivalentes á 20 piés, contada á partir del nivel de la marea, y que estará dada en el plano por una línea negra paralela á la del lugar geométrico de la altura de marea, distante de ella 6'12 metros.

La inspección del gráfico enseña que esta línea queda por debajo de los fondos que hoy existen en una buena parte de la longitud total de la ría, demostrando cuáles son las deficiencias de las profundidades, por demás numerosas y notables, que existen en la actualidad, para satisfacer de una manera aceptable las necesidades de la navegación, aun en el caso más favorable de reinar mareas vivas, que es el que se representa en el gráfico.

Son tan poco aceptables las profundidades de que se dispone para la navegación de 18 y medio piés, que, en realidad, si ésta tiene lugar en el puerto de Sevilla, desde luego sin contar con el pie y medio de sobrante ó garantía que requieren los barcos para asegurar su gobierno, es merced, principalmente, á los suplementos de altura que casi siempre acompañan á las mareas vivas, que no se han tenido en cuenta al fijar las alturas que se consignan en el gráfico.

Cuando reinan mareas muertas, las alturas de mareas son inferiores en cuarenta ó cincuenta centímetros á las que existen en las mareas vivas, y entonces la navegación que puede sostener la ría es solamente de 17 piés de calado efectivo, luchando con la misma escasez de fondos que en el caso de la marea viva, sin disponer tampoco de ningún exceso de profundidad para asegurar el buen gobierno de los barcos.

Es de advertir que los fondos existentes en los tramos de la región superior, en que resultan escasos, son esencialmente variables, pues aumentan y disminuyen hasta en 50 ó 60 centímetros, por estar constantemente sometidos, sea á la acción de los pequeños aterramientos, que por diferentes causas siempre tienen lugar en el Guadalquivir, sea á la limpia que en ellos se realiza por medio de dragados.

Las regiones de poco fondo de la Mata y de Tarfía son menos variables que las de aguas arriba del tramo de la Compañía, comprendidas entre éste y Sevilla.

De cuanto se acaba de exponer sobre las profundidades disponibles hoy en el Guadalquivir, se deduce que la navegación de 18 y medio piés en mareas vivas, y su equivalente en las muertas, son difíciles, y que los fondos que requieren son poco permanentes; la más pequeña avenida, una marea extraordinaria, la varada en un mismo lugar de dos ó tres barcos, quita un pie, ó pie y medio de profundidad, en toda región de cauce que los tenga escasos, cesando de existir la navegación de 18 y medio piés durante todo el tiempo que tarde la draga en limpiar los aterramientos que accidentalmente aparecieron.

DEFICIENCIAS DE LA CANAL DE LA ACTUAL NAVEGACIÓN DE 18 Y MEDIO PIÉS, MOTIVADAS POR LA ESCASEZ DE LOS FONDOS.

También se ve claramente, estudiando en el gráfico la marcha de los barcos, que la falta de profundidad de la región inmediatamente anterior al Isletón de Tarfía obliga, en la inmensa mayoría de los casos, á fondear aguardando marea.

El tiempo perdido en esta espera es el que suman el resto de la media marea de vaciante en que llegan, la estoa de baja y el primer tercio de creciente, que es preciso transcurran para ganar los tres piés de calado, indispensables para salvar el bajo-fondo que produce la detención.

Queda, pues, á los barcos poco tiempo disponible para llegar á la desembocadura en la plea inmediata; y aunque á veces algunos lo logran, otros no lo consiguen, obligándoles á una nueva espera de diez horas antes de salir á la mar.

No es, por tanto, satisfactorio el estado de los fondos de la ría para llenar las necesidades de una navegación de 18 y medio piés en pleas vivas; y por este lado ya surge una importante deficiencia, relacionada con las profundidades, que es urgente é indispensable corregir, aumentándolas: primero y en cada lugar, lo que se deduce del gráfico anteriormente presentado; y después, y además, en los excesos de profundidad que se considere deben darse á todos los bajos, como garantía de la permanencia de los fondos extrictos que necesita la navegación.

Claro es que, si todo esto se requiere para hacer práctica la navegación de presente, de 18 y medio piés en pleas vivas, para lograr la de 20 y 21 piés se necesitará aumentar las profundidades antes dichas en dos ó tres piés.

PROFUNDIDADES DE QUE SE NECESITARÍA DISPONER PARA LAS NAVEGACIONES DE 19 Á 23 PIÉS.

Y análoga consideración se debe hacer sobre la navegación de 23 ó de 24 piés.

Hasta aquí sólo se ha considerado el factor profundidad entre los que afectan á la navegación, pero falta también estudiar las anchuras que existen en la canal navegable, y las curvas y contracurvas que presenta su forma horizontal.

INCONVENIENTES PARA LA NAVEGACIÓN, MOTIVADOS POR POCA ANCHURA Y POR LA FORMA HORIZONTAL DE LA CANAL NAVEGABLE.

La canal navegable á 18 y medio piés se estrecha notablemente en la vuelta de Tablada (véase el plano, hoja número 3), aguas arriba de Tarfía, y, en general, en los tramos de inflexión ó de atravesada, en los que pasa de la concavidad de una vuelta á la concavidad ó al tramo recto que le sigue. (Véanse en el plano los trozos de canal pertenecientes á las atravesadas ó inflexiones que forma el cauce.)

En los demás puntos no mencionados, tiene la canal, allí donde más se reduce su anchura, una latitud de ochenta metros, ó próxima á ella, que satisface de modo muy aceptable las necesidades de la navegación.

Las canales navegables á 20, 21, 22 y 23 piés, allí donde existen, son de variable anchura; pero, en general, salvo los tramos en que hay que crearlas artificialmente, tienen la suficiente para la comodidad de la navegación.

El cauce de la ría del Guadalquivir es bastante sinuoso; presenta las siguientes vuelta violentas y de difícil navegación, á saber: la de los Remedios, la de Tablada, la del Verde, la de la Isleta y la de los Olivillos. (Véase la hoja número 3.)

Las demás curvas son aceptables y no ofrecen inconveniente alguno al paso de los buques.

La peor de todas las mencionadas es la del Verde; siguen á ésta en dificultad la de Tablada y la de los Remedios, y, por último, la de la Isleta. La de los Olivillos es la menos importante, por ser la más abierta y de mayor anchura la canal.

Las vueltas violentas perjudican á la navegación, porque exigen de parte del piloto suma habilidad para gobernar sin abordar en la margen cóncava, aunque la embestida está exenta de todo peligro por ser de terreno blando las márgenes del Guadalquivir.

Las dificultades de la navegación de las vueltas aumentan hasta el punto de hacerse muy peligrosas cuando en ellas se cruzan dos barcos que marchan en opuesta dirección, porque, en este caso, puede tener lugar fácilmente el abordaje, sobre todo de noche.

Salvo en los trozos de ría á que corresponden las vueltas indicadas, afecta la canal, en el resto de su longitud, condiciones aceptables para la navegación, cualquiera que sea la eslora de los barcos que la realicen.

RESUMEN DE LAS DEFICIENCIAS É INCONVENIENTES DEL CAUCE Y CANAL ACTUALES.

Resumiendo lo que se acaba de exponer, resulta que existen gravísimas deficiencias en las profundidades disponibles, en algunos tramos de la ría, para la navegación actual de 18 y medio piés en mareas vivas; que estas deficiencias aumentan naturalmente para las navegaciones de 19, 20, 21 y 23 piés, hasta el punto de hacer totalmente imposible el paso de barcos con estos calados; que se nota escasez en las anchuras de algunos trozos de la canal navegable, y que también presenta inconvenientes la forma horizontal de esta misma canal, por razón de la violenta curvatura de las vueltas de los Remedios, de Tablada, del Verde, de la Isla Hernando y de los Olivillos; y que, si bien las faltas de profundidades se hacen, naturalmente, más sensibles para las navegaciones de 19 á 23 piés, que para la actual de 18 piés y medio, las estrechuras de la canal y la violencia de las curvas citadas acarrean casi los mismos inconvenientes para todas las navegaciones mencionadas, porque las esloras y mangas de los barcos pueden considerarse sensiblemente iguales para este efecto en una y otra clase de navegación.



CAPÍTULO SÉPTIMO

Régimen de las aguas, márgenes y fondos de la ría

§ I

CARACTERES QUE HA DE REVESTIR ESTE ESTUDIO

CONCEPTO DEL RÉGIMEN DE LA RÍA.

PARA hacer el estudio de la ría del Guadalquivir con el fin que ahora interesa de realizar en el cauce navegable aquellas transformaciones que requiere la mejora práctica de la navegación del puerto de Sevilla, es indispensable conocer, en la medida que á este efecto sea necesario, aquellos hechos y fenómenos que, caracterizando su modo de ser, engendran el régimen de la ría, que no es otra cosa que el conjunto de leyes que determinan todas las variaciones de su cauce, así en las profundidades como en la forma horizontal, como aquellos movimientos de sus aguas que influyen directamente en la navegación de los buques que la recorren.

LIMITACIÓN PRÁCTICA DEL CONOCIMIENTO DEL RÉGIMEN.

El conocimiento de todos estos datos debe llevarse tan lejos como se necesite para realizar las necesidades prácticas del objetivo final de este proyecto; pero no debe llevarse ni un punto más allá, ni por prestar homenaje á la perjudicial costumbre de teorizar, que hace someter al análisis el estudio de problemas de los cuales no se conocen ni los datos más influyentes, ni por hacer alardes de erudición de bajo vuelo, á la altura de cualquier enciclopedia de regular crédito.

AGENTES DEL RÉGIMEN QUE DEBEN CONSIDERARSE.

Dentro de este propósito procede hacer una ligera descripción del cauce de la ría y algunas consideraciones sobre su geología y sobre los vientos que en ella reinan.

También se presentarán los datos suficientes, que sean conocidos, sobre la hidrología; y, una vez estudiados los agentes que influyen en el modo de ser del lecho y de la corriente, se deducirán las leyes del régimen, considerándolas especialmente desde aquellos puntos de vista que puedan interesar á las obras que deben realizarse para mejorar la navegación del puerto de Sevilla.

§ II

DESCRIPCIÓN DE LA RÍA

PRIMERA SECCIÓN TRANSVERSAL EN QUE SE NOTA LA INFLUENCIA DE LA MAREA.

Después de recorrer el cauce principal del río Guadalquivir una longitud de 577 kilómetros, dentro de una cuenca de 56.522 kilómetros cuadrados, llega á Alcalá del Río, sección situada á 18'75 kilómetros de Sevilla. Hasta este pueblo alcanza la influencia de la marea, y en él termina el río propiamente dicho, y empieza, por consiguiente, la región marítimo-fluvial, ó sea la *ría* del Guadalquivir.

Trozo de ría anterior al puerto.

Entre Alcalá del Río y Sevilla, el cauce de estiaje presenta anchuras que varían entre 100 y 150 metros; es bastante tortuoso, con una pendiente media de 13/10.000, y no es navegable hasta el puente de Isabel II, en Sevilla, pues los fondos de que se dispone en la mayor parte de este tramo no permiten el paso de barcos de ninguna clase; solamente en los últimos siete kilómetros pueden navegar, á son de marea, lanchas de dos piés de calado; en los últimos 600 metros inmediatamente anteriores al puente de Isabel II, aunque existen fondos de 17 y más piés, obtenidos por las obras que se han ejecutado para regularizar la parte de cauce situada más aguas abajo, no pueden ser utilizados por los buques de porte por impedirlo la estructura del citado puente.

Limitación del cauce verdaderamente navegable.

El trozo de cauce del Guadalquivir verdaderamente navegable para toda clase de buques empieza en el puente de Isabel II; de él arrancan los muelles de atraque del puerto y su zona de servicio, y sirve de límite por aguas arriba al fondeadero.

Comienza, pues, el verdadero cauce navegable en el puerto de Sevilla propiamente dicho, y termina en Bonanza, en donde existe otro fondeadero completamente abrigado, que separa la región marítimo-fluvial, ó ría, de la región de mar llamada Broa de Sanlúcar, en que desemboca el Guadalquivir.

Descripción gráfica de la ría.

Para que el lector se forme idea exacta de este cauce navegable, objeto de nuestro estudio y sujeto principal de nuestro trabajo, se presentan, entre otros planos: primero, uno en escala de 1/50.000 (hoja número 2), que contiene el lecho de avenidas ó cauce mayor, y una buena parte del valle principal; y segundo, tres hojas de plano en escala de 1/10.000, números 3, 4 y 5, en las que aparece representado el cauce menor de estiaje con el relieve de sus fondos, marcado por curvas de nivel con equidistancia de un metro.

La inspección de los citados planos, que han de ser muchas veces consultados en el curso de esta Memoria, resulta más elocuente que cualquier descripción relatada, y ofrece, de una manera sintética para el conjunto, y de una manera suficientemente minuciosa para el detalle, todos cuantos datos pueda necesitar el lector para formarse una idea general de las condiciones de esta corriente.

1.ª sección del cauce de estiaje.—Variación regular de las secciones transversales.

De ellos, entre otras cosas, se deduce que el cauce principal de estiaje y navegable, en su parte comprendida entre Sevilla y la boca baja de la Corta de los Jerónimos, presenta secciones transversales que se suceden con bastante regularidad en sus anchuras, exceptuándose el tramo formado por esta corta, que estrecha bastante, pasando las anchuras de 220 á la de 130 metros en la boca alta de la citada corta, en la que también se bifurca la corriente, llevando parte de sus aguas por el antiguo cauce que formaba el torno llamado de los Jerónimos.

Vueltas violentas.

En esta misma región de cauce, comprendida entre Sevilla y la boca baja de la Corta de los Jerónimos, existen las vueltas violentas anteriormente mencionadas de los Remedios, de Tablada, del Verde, de la isla Hernando y de los Olivillos.

Bifurcaciones en la 1.ª sección del cauce de estiaje.

Las bifurcaciones del brazo del Este y del cauce antiguo de los Jerónimos no tienen hoy importancia alguna, por ser relativamente pequeños los volúmenes de agua que respectivamente las recorren.

2.ª sección del cauce de estiaje y sus irregularidades.

En la región comprendida entre la boca baja de la Corta de los Jerónimos y Bonanza, el cauce navegable de estiaje presenta solamente tres irregularidades principales, á saber: anchuras mayores que las que les anteceden y siguen en las secciones transversales del Cabezo de la Mata; anchuras del mismo modo excesivas, qne han producido una verdadera bifurcación en la región del isletón de Tarfía; y la confluencia de otro cauce importante, llamado brazo del Noroeste, en la región del Puntal, situada á unos 16'100 kilómetros de Bonanza. Este cauce del Noroeste no es otra cosa que la desembocadura en la ría del Guadalquivir de la ría del Guadiamar, derivada del importante afluente de este nombre.

La longitud total de la ría del Guadalquivir, desde Alcalá del Río á Bonanza, es de 105'25 kilómetros, y la longitud de cauce verdaderamente navegable, desde el puente de Isabel II hasta Bonanza, de 87'300 kilómetros.

LONGITUD DE LA RÍA.

Las riberas de la ría del Guadalquivir, desde Alcalá del Río hasta la Corta de los Jerónimos, son feracísimas y forman llanuras de suave pendiente decreciente, en sentido del curso de la ría. La altura de las tierras sobre el nivel de la bajamar varía entre 6 y 3'50 metros.

RIBERAS DE LA PRIMERA SECCIÓN.

Las riberas de la segunda región, entre la Corta de los Jerónimos y las secciones próximas á Bonanza, están formadas por dilatadísimas marismas, tan bajas, que se inundan por las mareas vivas extraordinarias, con excepción de las próximas á la Corta de los Jerónimos y algunos isleos de la región más inferior. Estas marismas son impropias para todo cultivo, y sólo mantienen una espontánea vegetación de plantas salitrosas ó salsoláceas.

RIBERAS DE LA SEGUNDA SECCIÓN.

El cauce mayor de la ría del Guadalquivir se representa con exactitud en el plano, ya mencionado, en escala de 1/50.000. En él se señalan las alturas que tomaron las aguas en la avenida extraordinaria de 1892.

DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL CAUCE MAYOR.

Entre las enseñanzas que ofrece, conviene á nuestro propósito hacer notar la enorme diferencia que existe en las anchuras de este cauce á la altura de la Compañía y Corta Fernandina. Aguas arriba de este punto, la zona invadida por las aguas tiene una anchura poco variable de unos 5 kilómetros, y aguas abajo de él, repentinamente alcanza la de 30 y 40 kilómetros. Antes de llegar á Bonanza por la Marismilla, el cauce mayor ó zona inundable tiene una anchura de 2'600 kilómetros, que queda reducida en Bonanza á 1'300 kilómetros.

ANCHURAS DEL CAUCE MAYOR.

Forma, pues, el cauce mayor una especie de lago interior ó albufera, en la que desemboca el cauce fluvial de las avenidas, que no va, por consiguiente, directamente al mar. En esta albufera ingresan, á su vez, por Bonanza, aguas provenientes del Oceano, metidas por los suplementos de altura de marea, debidos á los temporales, que coinciden, casi siempre, con las grandes crecidas del Guadalquivir.

DESEMBOCADURA DEL CAUCE MAYOR DEL RÍO EN AVENIDAS.

Los principales afluentes de la ría entre Cantillana y Bonanza, por la orilla derecha, son el Hueznar, Viar, Huelva, Cala, Pudio y Guadiamar; no tienen importancia alguna en sus estiajes, influyendo en las avenidas solamente los cuatro primeros, hasta el punto de determinar por sí solos algunas de relativa importancia.

AFLUENTES DE LA RÍA.

Por la orilla izquierda recibe la ría del Guadalquivir los desagües negros de la ciudad de Sevilla, los arroyos Tagarete y Tamarguillo, que no merecen consideración, y el río Guadaira, que nace en la sierra de Algodonales y desemboca en el Guadalquivir, frente á Gelves. Longitud de su cauce, 60 kilómetros. El caudal ordinario de este afluente es insignificante, quedándose seco en muchos estiajes; y si aquí se menciona particularmente, es por razón de sus avenidas, que tienen importancia para Sevilla, y por desembocar en una zona de cauce en la que se han de proponer obras de importancia que pueden afectar á este río.

§ III

GEOLOGÍA DE LA RÍA

La extensa cuenca del Guadalquivir contiene casi toda la serie geológica de los diferentes terrenos que admite la ciencia, encontrándose también la mayor parte de los pisos y rocas que á aquéllos caracterizan.

TERRENOS QUE COMPRENDE LA CUENCA BAJA DEL GUADALQUIVIR.

En toda la cuenca anterior á Córdoba, y en la orilla derecha, casi hasta Sevilla (véase el mapa geológico de la Comisión oficial, inserto al fin de esta

Memoria, anejo número 3), abundan las rocas hipogénicas, el estrato cristalino y todos los terrenos antiguos, desde éste hasta el mioceno.

Este último ocupa gran parte de la orilla izquierda, desde aguas abajo de Córdoba á la costa, y presenta sólo ligeros asomos en la orilla derecha.

Rodeada por los terrenos miocenos de que se acaba de hablar, existe una gran mancha de terrenos diluviales, comprendida entre Posadas y Santiponce, por la que discurre el Guadalquivir, siguiendo un cauce de 130'000 kilómetros de longitud.

Á la altura de Santiponce, penetra dentro de terrenos aluviales ó en formación actual, que, apoyándose sobre algunas manchas de plioceno y diluvial, forman verdaderamente la cuenca baja de la ría.

Son de notar las aproximaciones de terreno plioceno que, haciendo lomadas y escarpes, se acercan al cauce de la ría en San Juan de Aznalfarache, en Gelves y en Coria; las manchas de terreno diluvial, que también forman lomas y escarpes en Coria y La Puebla, y la mancha de terreno mioceno de la proximidad de Sanlúcar de Barrameda.

CARACTERES MINERALÓGICOS DE LOS ARRASTRES.

Arrastrará, pues, el río Guadalquivir, en todo su curso, detritus de toda clase de rocas, provenientes en cada lugar de los terrenos de aguas arriba que haya atravesado la corriente; en general, los detritus serán silíceos, pero predominará un carácter mineralógico ú otro, y serán de un tamaño menor ó mayor, según el punto del cauce que se considere.

Prescindiendo de la región puramente fluvial, los arrastres del Guadalquivir, en el trozo de ría anterior al puente de Isabel II, consistirán en arenas silíceas de pequeño tamaño y en légamos arcillosos finos, teñidos de óxido de hierro, provenientes, sea de la región superior de la cuenca, sea de la denudación de la mancha diluvial porque discurre á partir desde Posadas, pueblo próximo á Córdoba.

PEQUEÑO TAMAÑO DE LOS ARRASTRES.

Por esta razón de origen de los arrastres, y habida consideración de las velocidades, relativamente pequeñas, que toman las avenidas en este trozo del cauce mayor, no hay que aguardar que las aguas del Guadalquivir manejen, dentro de este tramo, cantos rodados, ni de grande ni de pequeño tamaño.

En otras épocas, separadas por tiempos geológicos de la actual, habrán quizá podido conducir las aguas cantos rodados provenientes del manto de éstos, que caracteriza á algunas capas de la formación diluvial; pero en la actualidad el tamaño de los detritus que aquí arrastra la corriente es pequeño, y no pueden ser clasificados más que como arenas finas y fangos arcillosos.

Y esto sentado, claro es que en la región inferior al puente de Isabel II, los detritus arrastrados por el Guadalquivir, por cierto en abundantísima cantidad, no pueden ser otros que los mencionados, consistentes en arenas finas y fangos arcillosos.

COMPOSICIÓN DE LAS MÁRGENES.

Las márgenes que forman el cajero de estiaje ofrecen, desde Sevilla á la boca alta de la Corta de los Jerónimos, una altura sobre la bajamar de 4 á 6 metros, y su composición mineralógica consiste en una capa de tierra laborable de 1 á 3 metros de altura, compuesta de arenas finas y arcillas, entrando en iguales proporciones, próximamente, estos dos elementos.

La capa que se acaba de describir insiste sobre otra arcillosa de profundidad indefinida.

Desde la boca alta de la Corta de los Jerónimos hasta Bonanza desaparece rápidamente la capa de tierra vegetal, y se presenta solamente desde la superficie otra de arcilla gris, de gran profundidad, igual á la que existe debajo de la tierra vegetal de la región anterior.

TERRENO DEL FONDO.

Los sondeos practicados en las dos regiones que venimos considerando, tanto en las orillas como en el fondo del cauce, demuestran, no sólo que se puede considerar como indefinida la profundidad de las arcillas, sino también que lenta y uniformemente varía su composición, en el sentido de disminuir con la

profundidad la cantidad de arena que contienen, cambiando el color, que pasa, insensiblemente, del gris obscuro á un gris azulado, que á los pocos metros se hace persistente.

La capa arcillosa, visible en todo el lecho desde Sevilla hasta Bonanza, que pertenece, en los primeros metros por lo menos, al terreno cuaternario moderno, correspondiendo los últimos al terreno plioceno, es de origen marino indudablemente, ó, por lo menos, en su formación han tomado una parte principal las aguas del mar.

Composición del cajero del cauce menor.

El cauce de la ría en estiaje queda, pues, formado por la capa de tierra laborable en la primera región, que desaparece en la segunda, superpuesta á las capas de arcilla blanca ó azulada; dentro de estas últimas capas las aguas han abierto un cajero, más ó menos ancho y profundo, cuya solera se encuentra recubierta por las arenas finas y por los fangos que actualmente arrastra la corriente, existiendo también estas arenas y légamos en algunos lugares de las playas ó márgenes.

Modo de formación del valle, de las riberas y del cajero.

Con los datos que proporciona el mapa geológico, y con los que se acaban de indicar sobre la composición mineralógica de las márgenes y lecho de la ría, se puede llegar á tener una idea de la formación del valle, de las riberas de la ría y de su lecho de estiaje.

Admiten todos los geólogos modernos la paulatina retirada de las aguas de las costas en todos los mares de la época sedimentaria; y también admiten, como principio inconcuso y evidente, que los mares de la época sedimentaria se comportaban en aquellos tiempos, en cuanto á los movimientos y efectos de sus aguas, de la misma manera que se comportan los mares actuales.

Las olas y corrientes de aquellos mares eran producidas, como ahora, por el juego de la atmósfera de aquel entonces, igual en sus generalidades al que reina en nuestros tiempos, ya que estaba engendrado por la misma causa primordial, que no era otra que la diferencia entre las temperaturas existentes en las regiones polares y ecuatoriales.

También se admite que la acción de los agentes que formaron los terrenos terciarios y cuaternarios fué continua y permanente, sin que existieran en estas épocas geológicas grandes cataclismos ni discontinuidades.

Esto sentado, téngase á la vista la carta geológica, que ya se ha dicho se acompaña al final de esta Memoria, y se observará fácilmente cómo en el valle plioceno del río Guadalquivir, ó mejor, en el mar cuyas orillas eran pliocenas ó miocenas, se formaron dentro de sus aguas los terrenos que después fueron costas ó riberas diluviales.

En este mar debieron ser grandes las profundidades, á juzgar por el espesor de las capas que se sedimentaron en el seno de sus aguas, y debía ocupar grande extensión superficial, de la que se puede formar idea por el área que comprenden en el mapa los bordes de las manchas amarillas, que representan sus costas terciarias.

Si se considera ahora la retirada de las aguas del mar diluvial, que duró períodos geológicos, se verán aparecer los terrenos que se formaron en su fondo, y se comprenderá fácilmente que, durante todo el tiempo en que surgían de esta suerte las costas diluviales, fueron depositándose en el abra inferior del Guadalquivir las materias más ténues y arcillosas que contenían los detritus de aquella época, procedentes de las rocas silíceas de la cuenca superior, de las masas pliocenas y miocenas y del cemento arcilloso rojo que contenían las tierras diluviales, que empezaban á formar las costas y acababan de emerger, dándose, de esta suerte, lugar á la capa arcillosa gris azulada, que entonces era fondo del mar, y que ahora forma el subsuelo de toda esta región.

Continuando el levantamiento general de los terrenos, ó, lo que es lo mismo, la lenta retirada de las aguas del mar de orillas diluviales, y colmatándose la parte alta de las márgenes, con sedimentos dulces, por las sucesivas

avenidas del Guadalquivir, fué creándose la capa de tierra vegetal de la región superior, y también la de arcilla salitrosa de la región inferior, como todavía ocurre hoy en ambas regiones, á la vista de todo el mundo.

Los depósitos hechos por las aguas dulces de las avenidas en su región, que es la alta, son considerables, y más pequeños los salitrosos producidos en la región baja por las aguas del mar.

En la insensible emersión de los terrenos, y durante el larguísimo tiempo de su recrecimiento, los movimientos de las aguas marinas en la Broa de Sanlúcar, los de las aguas de la albufera interior, en que se han formado las marismas, y los de las aguas dulces del cauce de avenidas propiamente dicho, dieron lugar en la Broa á los aterramientos de la costa Malandar, tan importantes, que produjeron potente formación de dunas, que separó la albufera del mar propiamente dicho, echando la verdadera desembocadura del Guadalquivir sobre los terrenos firmes, pliocenos y diluviales, de Sanlúcar.

La desembocadura de los cauces marítimos en la extensa albufera de poco fondo que existía al principio de la época cuaternaria, dió origen á la formación *déltica,* bien caracterizada, que se presenta en las islas Menor y Mayor, dando lugar al cauce principal y á los brazos del Este y del Noroeste, hoy existentes.

Los movimientos de las aguas del cauce verdaderamente fluvial en la actualidad, han dado origen al de la ría en el trozo comprendido entre Sevilla y la Isla Hernando, sinuoso también con exceso, porque su formación primitiva fué de origen *déltico,* que tuvo lugar cuando el abra de las marismas era verdadero mar, haciendo en aquella sazón de albufera la región de cauce que hoy es fluvial, comprendida entre la Compañía y Sevilla.

No de otra suerte pueden explicarse satisfactoriamente las vueltas de los Remedios, Tablada, del Verde y el cauce del río viejo, situado frente á Coria, que aparece en el plano del cauce mayor, y que ha desaparecido merced á la apertura de la corta llamada Merlina.

Contribuyen también, y contribuyeron eficazmente á determinar la forma del cauce principal y de los brazos secundarios, los vientos vendavales y dominantes, que eran iguales á los que hoy reinan; la distinta dureza y cohesión que existen, dentro de su único origen de formación, en los terrenos del lecho, y las acciones de socavación y aterramiento que han tenido lugar durante los estiajes en la época de formación, y que hoy influyen de análoga manera.

IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DEL MODO DE FORMACIÓN DEL VALLE Y LECHO DE LA RÍA.

Ha parecido conveniente hacer las consideraciones que preceden sobre la formación de la actual ría del Guadalquivir, porque, siendo positivamente aquella formación el génesis del régimen actual que tanto importa á los fines de este proyecto, se obtiene con ellas un dato interesante, proporcionado por el estudio geológico de la cuenca del Guadalquivir.

§ IV

VIENTOS EN LA RÍA

INFLUENCIA DE LOS VIENTOS EN EL RÉGIMEN.

Existe un agente que influye notablemente en el régimen y movimiento de las aguas de la ría, no solamente de un modo indirecto, provocando las lluvias y los temporales, sino de una manera directa, ocasionando ciertos efectos que no se puede menos de tener en cuenta al tratar de las obras de su mejora: este agente es el viento, que hay que empezar por estudiar antes de ocuparnos de cuanto concierne á las aguas, consideradas en sí mismas y de una manera directa.

CARACTER GENERAL DEL MOVIMIENTO DE LA ATMÓSFERA.

Desembocando la ría del Guadalquivir en la Broa de Sanlúcar, los movimientos de la atmósfera en la ría serán necesariamente una derivación de los que se experimentan en aquella región de mar; y la modificación que éstos

hayan de sufrir para llegar al juego de la atmósfera de la ría, no puede ser notable, ya porque la distancia desde el mar á Sevilla no es de consideración para este efecto, ya porque, afectando el valle del Guadalquivir, en su parte inferior, la forma de una extensa y baja llanura, que no presenta accidentes orográficos de importancia, los vientos de casi todos los cuadrantes penetran en él sin sufrir grandes desviaciones.

Especialidades del movimiento de la atmósfera.

Las variaciones principales que se notan consisten en que las virazones, y en general todos los vientos de poca fuerza, se acercan, al soplar en la parte alta de la ría, una cuarta al meridiano, y en que, á veces, estos mismos vientos, poco intensos, que soplan en la desembocadura y región baja, no llegan hasta la altura de Sevilla.

Así, por ejemplo, es muy frecuente que reinen virazones flojas en Bonanza y en la última región de marismas, y en Sevilla se noten calurosas calmas ó ventolinillas y macareos de levante. Del mismo modo pueden reinar en la desembocadura Levantes flojos del E. y del E. N. E. y ventar en Sevilla con poca intensidad el N. E.

En la ría tienen relativa importancia, para su régimen, los nortes y sures y los vientos que soplan por rumbos próximos á éste, porque, siendo su orientación general análoga á la de éstos, influyen visiblemente en su desagüe.

§ V

Hidrología del cauce menor

Cauce menor y cauce mayor.

Entrando en el estudio directo de los movimientos de las aguas de la ría, es indispensable distinguir el estado de aguas ordinarias del estado de avenidas, pues son tan distintos aquellos movimientos, y tan diferente el régimen en uno y otro caso, que existe absoluta imposibilidad de considerarlos juntos.

Caudal fluvial.

Según datos de la División Hidrológica, tomados el año de 1897 en la estación de aforo de Cantillana, situada á cuarenta kilómetros aguas arriba de Sevilla, el Guadalquivir condujo en su máximo estiaje, en el mes de Agosto, un caudal de 12‘256 metros cúbicos por segundo.

El gasto por segundo, durante los meses de invierno y primavera, osciló, no contando el máximo de avenidas, entre 42‘998 metros cúbicos y 182‘123, pertenecientes respectivamente á los meses de Octubre y de Febrero.

Caudal marítimo.

El caudal marítimo que penetra en la ría general del Guadalquivir por Bonanza, y el que recorre el cauce principal de esta ría desde el Puntal, pasada la confluencia con la ría Guadiamar, son completamente desconocidos, y tanto este dato como el anterior, como todos los que tienen por objeto determinaciones numéricas en las intensidades y en los elementos de los agentes del régimen de la ría, entiende el autor de este proyecto son completamente inútiles para el de su mejora, como verá el lector se demuestra en el curso de esta Memoria, y principalmente al tratar de las avenidas del Guadalquivir.

Transmisión de las mareas.

En aguas ordinarias, ó de estiaje, llega á Alcalá del Río el caudal fluvial de aguas ordinarias y comienza á sufrir la influencia de la marea, que gobierna el régimen de las aguas en este estado de la ría, en toda su longitud, hasta su desembocadura.

Las aguas dulces ocupan el cauce hasta la boca baja de la Corta de los Jerónimos, á 51 kilómetros de Alcalá del Río, siendo potables hasta este lugar en todo tiempo, tomándolas en la estoa de baja; desde allí á Tarfía, á 75 kilómetros de dicho punto, las aguas dulces y saladas se encuentran mezcladas, afectando ya, á partir de Tarfía, en el resto de la longitud de cauce, 31 kilómetros, todos los caracteres del agua del mar. Cualquiera que sea el grado de salazón

del agua, y cualquiera que sea el punto que se considere, la marea es la que establece el régimen de las aguas en toda la ría, principalmente en la parte que nos interesa, inferior á Sevilla; influencia que era de temer fuera exclusiva, desde el momento en que se ha visto que los gastos de estiaje del río descendían á doce y quince y menos metros cúbicos por segundo, razón por la que interesa conocerla y estudiarla, como se va á hacer inmediatamente.

Penetra la marea por la desembocadura en Bonanza, transmitiéndose á Sevilla con toda regularidad, tardando en recorrer la longitud de cauce que media entre estos dos puntos, en circunstancias ordinarias de vientos, más de cinco horas, siendo el establecimiento del puerto de Sevilla de 5^h 45''.

La fase descendente de la marea se hace también con bastante regularidad en un período algo mayor de seis horas.

Influyen extraordinariamente en la transmisión ordinaria de la marea los vientos reinantes en la mar y en la ría, y también influye, aunque en menor cantidad, el agua dulce que en los estiajes y aguas ordinarias conduce el río.

Los vientos que soplan por el S., ó sus rumbos próximos, adelantan las horas de plea y aumentan su altura, produciendo efectos contrarios los que soplan por el N.

La corriente fluvial de aguas ordinarias aumenta la altura de las pleas y de las bajas, adelantando algo, aunque poco, la hora de la plea.

La onda de marea avanza por la ría, siendo casi perpendicular á las orillas, notándose únicamente que se alarga en su forma, adelantando más por la canal que por las orillas, en aquellas secciones transversales que presentan una anchura excesiva con relación á las que las preceden; debiendo advertirse que las diferencias de alturas entre el centro del cauce y las orillas, allí donde se verifica este alargamiento de la onda de marea, son de pocos centímetros y de existencia difícil de comprobar por nivelación directa.

Fenómeno opuesto al que se acaba de indicar, por el que se acorta en planta la onda de marea, debe suceder al ascender ésta, pasando de una sección muy ancha á otra inmediata más estrecha; pero también este fenómeno es de muy difícil comprobación.

Ambos hechos, pues, deben considerarse como curiosidades científicas, porque en nada afectan al régimen ni á la navegación, para los que, como se verá más adelante, las mareas del Guadalquivir, en estiaje y aguas ordinarias, deben considerarse sobradamente regulares, sin que haya necesidad de aspirar á mejorar ni la altura de la plea, ni la amplitud de la carrera, ni los tiempos, ni la forma con que se transmite esta onda.

Además, y por otra parte, las mejoras que en todo caso se pudieran obtener en estos elementos de la marea, una vez suprimidos en el cauce antiguo los tornos de los Jerónimos, de San Fernando y de Merlina, serían pequeñísimos, y sus efectos en la navegación desaparecerían por la influencia que ejercen en la transmisión de la marea y en sus alturas los vientos reinantes, y la variable cantidad de aguas fluviales que contiene el río en los estados de estiaje y aguas ordinarias.

Parece observarse que, cuando la cantidad de estas últimas es apreciable en la región superior de la ría, desde Sevilla á la isla de Hernando, á la mayor plea, no corresponde en el día la baja más escorada; resultando, por consiguiente, el raro fenómeno de que las pleas vivas coinciden en esta región con las sizigias lunarias, y las bajas más escoradas ó vivas, con las cuadraturas.

Fenómeno este sin importancia alguna para el proyecto de las obras de mejora de la navegación, ya por no ser de existencia permanente ni de la misma intensidad cuando se presenta, ya porque toda su influencia queda reducida, cuando más, á elevar la altura de la baja 0'30 ó 0'40 metros sobre la que correspondería si hubiera menor ó ninguna cantidad de agua de monte.

Su explicación es por demás sencilla: la menor elevación de las pleas en

las cuadraturas, en la región baja, aumenta el desagüe definitivo de la ría en estos períodos, haciendo avanzar hacia el mar el tramo de agua dulce, ocasionando en la región superior el descenso de baja mar; y por el contrario, ingresando mayor cantidad de agua del mar, en las mareas vivas de sizigias, quedan como retenidas las aguas dulces en la región superior, elevando el nivel de baja.

Estos hechos, y otros relacionados con las corrientes de mareas de que después se tratará, con la diferencia de duración de los períodos de marea ascendente y descendente y otros, hacen colegir y sospechar que la marea en la región superior de la ría, principalmente, no se transmite con movimiento ondulatorio libre, sino que afecta, al combinarse con la corriente fluvial, el movimiento mixto resultante del ondulatorio y del de corriente, análogo al que se presenta en las olas del mar, sujetas al mismo tiempo á la influencia de una corriente marina; pero, en fin, sea de esto lo que quiera, se repite que esta cuestión no tiene eficacia ni importancia alguna para los fines que se persiguen con las obras, envolviendo solamente una disquisición ó curiosidad científica y teórica, ajena por completo á nuestro cometido.

AMPLITUD DE LA MAREA

La carrera diurna de marea varía según el lugar de la ría que se considere; á continuación se inserta un estado que da idea de la amplitud de marea en circunstancias ordinarias, en aguas vivas y en varios lugares de la ría.

Estado que indica la carrera diurna de marea en varios lugares de la ría.

	Metros.
Sevilla	2,05
Los Gordales	2,04
Las Pitas	1,99
Puerto Parra	1,93
Coria	1,90
La Puebla	1,85
Borrego	1,92
Los Olivillos	1,91
La Lisa	1,95
La Mata	2,40
El Puntal	2,55
Bonanza	2,90

Por lo demás, prescindiendo de explicar las variaciones que se notan en la amplitud, según los lugares á que pertenece, la carrera de marea es extraordinariamente variable, aunque en pequeñas alturas, influída como está por su amplitud en la desembocadura, por los vientos, por las sucesivas anchuras de la ría y por la cantidad de agua dulce que aporta la corriente del río.

ESTOAS DE MAREAS.

Las estoas de plea y bajamar son también sumamente variables con los mismos elementos, especialmente en la región superior. En la inferior presenta alguna mayor regularidad.

El tiempo medio de las estoas de baja y plea es de unos 30 ó 40 minutos.

En general, en la región alta dura menos la estoa de mareas muertas que la de las vivas. Pero se repite, aun á riesgo de parecer pesados, que ninguna de estas pequeñas irregularidades tiene influencia alguna ni en la navegación ni en el régimen de la ría.

CORRIENTES DE MAREA.

Las corrientes de marea en estiaje conservan en principio, como no podía menos de suceder, análoga regularidad á la que hemos visto existía en la onda de marea y su transmisión.

Siendo comparable el caudal fluvial con el caudal de marea en la región

alta de la ría contigua á Sevilla, las corrientes características de este fenómeno son afectadas por la acción de aquel caudal fluvial, ocasionando en ellas cierta variabilidad.

Así, lo mismo en el estiaje más anormal, que cuando existe una cantidad dada de agua dulce del río en sus aguas ordinarias, se notan variaciones, según el lugar de ría que se considere, en el valor absoluto de las velocidades, en los momentos de inversión y en la duración de las estoas de corriente; pero, como lo mismo estas variaciones que las engendradas por la mayor ó menor importancia del caudal fluvial, en estado de aguas ordinarias, no tienen influencia alguna sobre el régimen del lecho, ni de un modo directo sobre las conveniencias de la navegación, aquí se dará solamente una idea general y de conjunto de las corrientes de marea, sin entrar en minuciosas puntualizaciones que, ni enseñan nada útil, ni influyen en lo más mínimo en las obras; porque, en esencia, la cuestión queda reducida á que ciertos fenómenos, de suyo insignificantes, que, por ejemplo, en el estiaje absoluto tienen lugar á la altura de Sevilla, existan algunos kilómetros aguas abajo, cuando la ría tenga cierto caudal de aguas fluviales, trasladando á éste ú otro punto de más aguas abajo las curiosidades, que no otro nombre merecen después de todo, que presentaban las corrientes de marea en una sección de más aguas arriba.

En general, conviene estudiar en las corrientes de marea de toda ría el valor máximo absoluto de sus velocidades, su dirección, los momentos de inversión, la duración de sus estoas y sus irregularidades y revesas.

El valor absoluto de las velocidades de vaciante é hinchente en mareas vivas y muertas, es variable y creciente en toda la longitud de la ría, desde Sevilla hasta Bonanza; por esta razón, para dar una idea del valor absoluto de estas velocidades, se presentarán datos de Sevilla, de la Lisa, boca baja de la Corta de los Jerónimos, fuera de su influencia, y de Bonanza.

Velocidades de corrientes de marea

Lugares de observación.	MAREAS VIVAS		MAREAS MUERTAS		Observaciones.
	Vaciante. Millas horarias.	Creciente. Millas horarias.	Vaciante. Millas horarias.	Creciente. Millas horarias.	
En Sevilla. . . .	2-70	2-55	1-70	1-10	La milla equivale á 1.852 metros. La máxima velocidad que figura en el cuadro de 3-10 millas en Bonanza, equivale á 1.57 metros por segundo, y la mínima á 0,56 metro por segundo.
En La Lisa. . . .	2-90	2-70	1-80	1-15	
En Bonanza. . . .	3-10	2-90	1-90	1-40	

Los valores del estado anterior son el término medio de varias observaciones hechas, penosísimamente y con gran trabajo, por medio de flotadores, habiéndose comprobado, al tomar estos datos, la extraordinaria variabilidad de los valores absolutos máximos de la velocidad de estas corrientes, porque son muy sensibles á la cantidad de agua dulce que hay en el río, á las alturas de marea que se presentan en la Barra y á los vientos que reinan el día de la observación, ó que han reinado en días anteriores; por más que los aumentos y disminuciones debidos á estas causas, no pasan de décimos de milla, y, por consiguiente, no alteran la deducción que se ha de sacar, del conocimiento del valor de las velocidades, que no es otra que formarse idea de la influencia que puedan tener en los acarreos de las arenas del fondo.

La inversión de las corrientes de marea tiene lugar en Sevilla inmediata-

mente después de las estoas de baja y plea; la estoa de corriente en mareas vivas dura solamente algunos minutos, y en mareas muertas se prolonga hasta cerca de una hora.

En La Lisa, la vaciante reina de 40 á 50 minutos después de la baja, y la hinchente se prolonga 35 minutos después de la plea; es decir, que sin bajar el nivel del agua en la baja, y sin subir en la plea, corren las aguas en sentido de vaciante en el primer caso, y en sentido de creciente en el segundo, los tiempos que se han indicado.

En Bonanza también invierten las corrientes, fuera de las estoas de marea de plea y de baja, separándose los momentos de inversión de los de aquellas estoas, tiempos distintos en una y otra orilla: así en Bonanza, la vaciante dura por la orilla izquierda 2 horas y 15 minutos después de la baja; y en Malandar, orilla derecha, dura la vaciante 1 hora y 45 minutos; y la creciente reina, después de la plea en Bonanza, 1 hora y 45 minutos; y en Malandar 1 hora y 20 minutos solamente.

Los datos anteriores pertenecen á las mareas vivas; en las mareas muertas la prolongación de la duración de las corrientes es del mismo género que las antes indicadas, solamente que los períodos son menores en 20 ó 30 minutos.

El conocimiento de los momentos de inversión de las corrientes interesa más al navegante que al ingeniero, porque su influencia en el régimen de los fondos es pequeña, quedando reducida á la que puede resultar del predominio manifiesto de las vaciantes sobre las crecientes; y, en cambio, el navegante saca gran partido de la posesión de estos datos.

Las corrientes de marea siguen la dirección que sucesivamente proporciona el mismo cauce. Los filetes de máxima velocidad corresponden, en los tramos rectos, á la zona central del cauce, y en los tramos curvos se acercan, según es por demás sabido, á las orillas cóncavas, cruzando el cauce en sentido oblícuo al pasar de una orilla cóncava á otra de contraria curvatura.

El radio de curvatura, en cada uno de los puntos de los tornos que forma el cauce, influye notablemente en la dirección de las corrientes y en la distribución de las velocidades, en las diversas y sucesivas secciones transversales. Cuando aquél es pequeño, la corriente se lleva rápidamente á la orilla cóncava, acercando á ésta los filetes de máxima velocidad, estrechando considerablemente la parte de la sección transversal que éstos ocupan, quedando casi sin velocidad las aguas que discurren por la otra orilla convexa; estas diferencias de velocidad en las aguas de la orilla cóncava y de la convexa, que representan diferencias de nivel piezométrico ó de presión, dentro de la masa líquida, ocasiona en las puntas convexas, y á redoso de la corriente, movimientos desviatorios y de remolino que parten del lado de más presión hacia el lado de menos presión, llevando velocidades de un valor absoluto, que dependen de la mayor ó menor velocidad general de la corriente, pudiendo llegar el caso de que se conviertan en verdaderas revesas cuando la corriente lleva gran velocidad, como sucede en las avenidas. Con las corrientes de mareas no se ven estas revesas, percibiéndose solamente los remolinos, de poca violencia, que los marinos conocen con el nombre de revesones de marea.

Los fenómenos que se acaban de indicar, relativos á la dirección de las corrientes en los tornos, se exageran con la violencia de éstos, ó sea con la pequeñez del radio de curvatura en cada punto.

Es de observar también que, en virtud de la velocidad y fuerza viva de que está animada la masa de agua, toda sección transversal recibe influencias de las que le preceden, aunque estén separadas por distancias visibles; de modo que, el régimen de las aguas en una sección determinada, será el que resulte del que le sea propio y de las influencias que lleguen de las secciones anteriores en el sentido de la corriente: este hecho ocasiona lo que se puede llamar ley de separación ó de retraso en una sección; separación que representa, á veces, cantidad de metros muy apreciable, que depende para el mismo radio de curvatura del valor ge-

neral de la velocidad; así, en las crecidas, resulta visible é importante el fenómeno, careciendo de importancia y valor en las corrientes de marea, que tienen velocidades de valores máximos relativamente pequeños, y que disminuyen rápidamente, hasta llegar á cero en el momento de inversión de la corriente.

De cuanto se acaba de exponer sobre dirección de las corrientes, se deduce el hecho, comprobado siempre en la práctica, de que, en general, la corriente de hinchente remonta el cauce siguiendo una dirección, en la mayor parte de los lugares, algo distinta de la de vaciante, por encontrar las orientaciones sucesivas de las márgenes en sentido opuesto y contrario, al propagarse también en opuesta dirección. Suceso que tampoco tiene importancia, porque no influye en nada, como se verá después, en el régimen definitivo de la ría, que es el que interesa conocer.

En el actual cauce de la ría existen irregularidades en las corrientes que es preciso hacer notar. En general, donde secciones anchas son inmediatamente precedidas ó seguidas por secciones relativamente estrechas, se presentan grandes revesas visibles y comprobadas con toda corriente de marea, ó de avenidas, y, por tanto, con las ascendentes y descendentes.

La existencia de estas revesas es fácil de explicar: si las aguas pasan de un tramo de secciones estrechas á otro inmediato que presenta grandes anchuras, las aguas se distribuyen en éstas, acumulándose las velocidades y las presiones reinantes en la masa líquida sobre una orilla, con preferencia á la otra, si la dirección del tramo es curvilínea, presentándose grandes diferencias de presión en las aguas que discurren sobre cada una de ellas; estas diferencias, que son más notables cuanto mayor es la diferencia de anchuras, provocan movimientos desviatorios, que forman en la orilla en que reinan presiones menos notables, una corriente bien visible de dirección opuesta á la que reina, y que se anula en las proximidades de la sección estrecha, y en la zona de agua situada en la mediación del cauce en que subsisten juntas ó próximas la corriente directa y la revesada.

Cuando el tramo de secciones estrechas sigue en sentido de la corriente á los secciones anchas, sufre la corriente general una detención ó represa, con elevación de su nivel, en la cantidad necesaria para obtener la velocidad conveniente para pasar el caudal de aguas por el tramo estrecho, ocasionándose así diferencias de presión entre una y otra orilla de las secciones anchas, para dar lugar á la distribución de velocidades, que requiere la forma del tramo estrecho, en sus diversas secciones, dando lugar en las secciones anchas á los consiguientes movimientos desviatorios que originan la corriente contraria á la principal, ó sea su revesa.

Cuando el tramo de secciones anchas es precedido y seguido por secciones estrechas, tienen lugar á un tiempo, con la corriente de vaciante ó con la corriente de hinchente, los fenómenos que se acaban de indicar, y que adquieren mayor ó menor importancia, según la mayor ó menor diferencia de anchura de las secciones, y según el valor absoluto de la velocidad de las corrientes principales.

En este caso se encuentra en la ría del Guadalquivir el tramo del Cabezo de la Mata. Sus diferentes revesas, del género antes explicado, se miden y se comprueba su existencia todos los días, acusándose con flotadores y por la posición de los barcos fondeados á la gira, y hasta son utilizadas por la pequeña navegación á la vela para bajar ó remontar la ría.

El tramo estrecho de aguas arriba del Cabezo de la Mata tiene una sección de 305 metros de latitud; el de aguas abajo presenta la de 400 metros, y la máxima latitud del tramo ancho corresponde, como es natural, al bajo importante que vela en bajamar, que aparece en los planos, y es de 770 metros de longitud.

Al principio y al fin de la Corta de los Jerónimos, en que existen también diferencias en las anchuras, de las secciones sucesivas, parten las aguas y las corrientes en una ú otra boca, entre la Corta y el cauce antiguo, produciéndose en las inmediaciones de ésta, aguas arriba ó aguas abajo, según la corriente que se considere, detenciones y remansos, destinados á obtener la velocidad que

necesitan el paso de las aguas por la estrecha corta, quedando atenuado el fenómeno de la revesa, que no se presenta en una y otra boca, por el aliviadero y corriente que se dirige por el cauce que antes formaba el antiguo torno.

Para terminar con las irregularidades de la dirección de las corrientes de marea, que son más visibles en la ría del Guadalquivir, hay que decir dos palabras sobre las corrientes de la región del Puntal, confluencia del brazo del Noroeste, ó ría del Guadiamar, con la ría principal del Guadalquivir, aunque en ellas no exista verdadera irregularidad, pues todo se reduce á la presentación de algún revesón en la corriente de hinchente, y á un hilero de corriente que despide la punta de la confluencia al componerse las vaciantes de uno y otro cauce.

Escarceos.

En la ría, en el estado de aguas ordinarias, existen escarceos que, con los vendavales, toman, á veces, alturas hasta de un metro. Claro es que se presentan en los tramos favorablemente orientados con los vientos tempestuosos, y que, para formarse, necesitan que sea algo considerable la longitud de aquellos tramos.

Los escarceos no tienen importancia alguna para la navegación, pero influyen algo en la forma de las playas de las márgenes en que rompen.

§ IV

Hidrología del cauce mayor

Avenidas ordinarias y extraordinarias.

Terminado el estudio de los movimientos de las aguas de la ría en estado de aguas ordinarias, procede considerarlo en estado de pequeñas crecidas, llamadas en la localidad *bujarretes,* de avenidas ordinarias y de avenidas extraordinarias.

En la práctica, desde hace muchos años, se acostumbra á tomar como característica de la avenida, para juzgar de su importancia y para hacer la anterior clasificación, la altura que toman las aguas en el puerto de Sevilla, contándola en el paramento del muro del muelle.

Se consideran pequeñas avenidas cuando su nivel llega, como máximo, á la mitad de la altura de aquel muro; es decir, cuando las aguas toman 2'50 metros sobre la berma, ó 3'00 sobre la baja viva ordinaria; cuando las aguas bordean la arista del muro, ó sea cuando la crecida tiene 5'50 metros sobre la bajamar, se clasifican como avenidas ordinarias; y cuando rebasan aquel nivel de una manera sensible, se clasifican como avenidas extraordinarias.

La avenida máxima que se ha medido sobre la arista del muro ha sido la de 3'65 metros, correspondiente á la crecida de Marzo de 1892, que elevó el nivel de las aguas, por consiguiente, en 9'31 metros sobre la bajamar ordinaria.

Esta clasificación, que se conservará en este proyecto, por no emplear palabras con significado distinto del acostumbrado, no responde bien al concepto de la frecuencia con que se presentan las avenidas.

Las más frecuentes son las que rebasan la arista del muro 0'60 ó 0'80 metros. Las crecidas que elevan solamente las aguas 2 ó 3 metros sobre la bajamar, no deben ser consideradas como avenidas; en realidad representan el estado de altas aguas ordinarias de invierno.

Carencia de datos numéricos sobre avenidas.

En materia de avenidas sí que se hace en verdad difícil, por no decir imposible, aprontar datos numéricos y determinar y puntualizar bien ninguna clase de hechos y fenómenos.

Originan esta insuperable dificultad varias causas. La dilatada extensión de la zona en que deberían hacerse observaciones, que sería la cuenca alta del Guadalquivir, desde Córdoba á Sevilla, y la cuenca baja, desde Sevilla á la desembocadura; la duración de las diversas avenidas, la extraordinaria variabilidad en las intensidades y circunstancias de todas ellas, los numerosos datos

que habría que tomar en cada una sobre altura de las aguas, sobre velocidades, sobre los accidentes meteorológicos que las motivaron, sobre las mareas, sobre las variaciones del fondo durante ellas, sobre la dirección de las corrientes, sus irregularidades y revesas, etc., etc.; el numeroso personal que había que emplear en la toma de estos datos; las grandes dificultades con que se tropezaría para instalarlo en el lugar de la observación, y el largo período de treinta ó cuarenta años que, por lo menos, sería necesario emplear para estudiar el número de avenidas suficiente para conocer medianamente fenómeno tan mudable y complejo.

LOS DATOS NUMÉRICOS SOBRE EL RÉGIMEN DE LAS RÍAS NO TIENEN IMPORTANCIA EN EL ESTUDIO DE LAS OBRAS DE SU MEJORA.

Pero, afortunadamente, la carencia de estos datos numéricos y de puntualizaciones determinadas sobre las avenidas, no tiene importancia alguna ni influencia de ninguna clase para estudiar y elegir las obras de mejora de la navegación del Guadalquivir y puerto de Sevilla, objetivo de este proyecto.

Los problemas que hay que resolver con este objeto no se pueden someter al análisis matemático, ni se pueden plantear con determinación; por consiguiente, todo dato numérico, toda puntualización en los datos, resulta perfectamente inútil y desaprovechada para obtener los resultados.

Es bien sabido que las obras de mejora de las rías se establecen siempre fundándose en consideraciones de orden general sobre el régimen de sus aguas, teniendo á la vista tendencias de este régimen y de los resultados que se desean obtener, procediendo por tanteos para detallar las obras, encomendando el acierto en sus resultados á la sagacidad en la observación continuada de los que se vayan obteniendo, y á la elasticidad de los procedimientos de ejecución; elasticidad esta que tiene por objeto la rectificación constante de las obras que se construyen, según los resultados que se van obteniendo con ellas, y según las circunstancias desconocidas y aleatorias que se presentan en el régimen de todas las rías.

Si el empleo de estos procedimientos debe ser adoptado en las mejoras de las rías, la del Guadalquivir los exige como ninguna; pues, si bien en sus estiajes es una ría caracterizada, en estado de avenidas, una buena parte de la longitud de ría que hay que mejorar se convierte en río torrencial.

Por estas y otras razones análogas, son difíciles los problemas de ría, y no hay duda, dejarían de serlo si por un modo analítico y de cálculo se pudiera llegar ciertamente, en cada caso, á la respectiva solución.

Cuanto antecede no obsta para que, con prudencia en los gastos, y con sentido práctico al elegir los datos que deban ser consignados, se vayan recogiendo, siquiera sea de una manera remota, los elementos conducentes al conocimiento de las avenidas, en lo que puedan interesar á las obras.

CAUSAS DE LAS AVENIDAS.

Expuestas las interesantes realidades que anteceden sobre la materia de que se va á tratar, se presentarán los datos que hasta ahora se tienen recogidos sobre las avenidas de la ría del Guadalquivir.

Los vientos tropicales que soplan en el Atlántico por rumbos comprendidos entre el S. E. y O. S. O., templando el clima de la Europa occidental y produciendo lluvias generales en toda ella, y especialmente en la Península, son la primera causa de las avenidas del Guadalquivir. La segunda causa está representada por los deshielos repentinos de las grandes masas de nieve que se acumulan en la cordillera Penibética.

EFECTOS DIRECTOS DE LOS VENDAVALES EN LAS AVENIDAS.

Los vendavales que vientan por rumbos desde el S. S. E. al S. O., además de ocasionar las lluvias más intensas, influyen de un modo directo en las avenidas, aumentando su altura y retardando la salida de sus aguas en la región baja de la cuenca comprendida entre Sevilla y la desembocadura.

AVENIDAS PRODUCIDAS POR LLUVIAS ORIGINADAS POR VIENTOS PERSISTENTES Y DE POCA INTENSIDAD.

En los meses de Otoño, Invierno y Primavera, se presentan las lluvias originadas por dichos vientos; si la intensidad de éstos no es grande y reinan durante muchos días, dan lugar á lluvias muy persistentes y de larga duración, que, cuando caen en toda la cuenca del Guadalquivir, producen en la ría, cuando más, avenidas ordinarias que levantan el nivel de las aguas en el puerto

á una altura de cinco ó seis metros sobre la bajamar, siendo estas avenidas de tan gran duración, que llegan á reinar períodos de 15 á 20 días, manteniendo su nivel con una variación de dos metros, dentro de la cual su altura crece y decrece, según la intensidad de las lluvias en la cuenca alta, y según el momento en que llegan á Sevilla las aguas recogidas por los principales afluentes del Guadalquivir.

AVENIDAS PRODUCIDAS SOLAMENTE POR LLUVIAS TORRENCIALES ORIGINADAS POR VENDAVALES.

Cuando los vientos que engendran las lluvias se presentan con el carácter de vendavales desde el primer momento, dan lugar, á veces en toda la cuenca, y siempre en su parte baja, á lluvias torrenciales, ordinariamente no continuadas ó *achubascadas*, y entonces, en pocas horas, la ría del Guadalquivir experimenta crecidas que son casi siempre extraordinarias, pues toman alturas de seis y siete metros sobre la bajamar. La duración de estas crecidas es pequeña; sus períodos ascendente y descendente tienen lugar en dos ó tres días.

Se producen estas avenidas por las lluvias torrenciales de la región baja de la cuenca, que aportan las aguas de los afluentes bajos, como el Guadiamar, el Huelva, el Hueznar, el Cala, el Viar y el Guadaira.

INFLUENCIA DIRECTA DE LOS VENDAVALES EN LA RÁPIDA PRESENTACIÓN DE LAS AVENIDAS Y EN LA ALTURA QUE TOMAN LAS AGUAS.

Además, los vientos tempestuosos, que reinan con las lluvias torrenciales, contribuyen á su vez, de un modo directo, á la producción de las avenidas, aumentando la altura de la crecida y retardando su desagüe en la forma que se va á explicar inmediatamente.

Antes que estos vientos se presenten en el mar del saco de Cádiz, se nota crecimiento en el nivel de las aguas en la costa, y mar de fondo de la dirección del viento tempestuoso que va á soplar, que generalmente suele ser el Sur.

Una vez que llega el viento á la costa y penetra en las tierras, crece el nivel del mar, y á la mar de fondo que existía antes, se añade la mar producida por el mismo viento, resultando de esta suerte violento temporal del Sur.

Permanece el viento por este rumbo unas veinticuatro horas, saltando después al S. S. O. y S. O., por cuyos rumbos sopla durante tres ó cuatro días, engendrando en el mar temporal del S. O. y manteniendo una sobre-elevación de su nivel, algo menor que la qûe engendró el vendaval del Sur.

Se han registrado aumentos de altura de la plea en las costas, originadas por los vientos hasta de 1'30 metros.

Estos vendavales determinan, pues, un ingreso de las aguas del mar en la región baja de las marismas que siguen en sentido de aguas arriba á Bonanza, totalmente independiente de toda influencia de las aguas de tierra, que por sí sólo representa una inundación ó crecida en las extensas marismas de la región baja de la ría.

A esta misma región llegan en ocho ó diez horas las aguas provenientes de las lluvias torrenciales, recogidas por los afluentes antes mencionados, constituyendo un nuevo aporte que contribuye poderosamente á la crecida de la ría por levantar el nivel de las aguas con gran intensidad y rapidez.

Llena ya la cuenca, y continuando su acción los vendavales, producen en las aguas en ella encerradas: primero, una acumulación sobre las que pudiéramos llamar costas del Norte del abra de marismas en que desemboca la parte estrecha del cauce de avenidas, algo aguas abajo de La Puebla (véase el plano, hoja número 2); y segundo, una detención de las velocidades descendentes en las aguas de esta abra, y hasta en el cauce más estrecho, que queda comprendido entre la Compañía y el pueblo de Alcalá del Río, más allá de Sevilla, y aun más aguas arriba.

EXISTENCIA DE DOS TIPOS DISTINTOS DE AVENIDAS ORDINARIAS.

Pudiera, pues, decirse que hay dos tipos de avenidas; uno que se caracterizaría por el género de avenidas primeramente descrito, que debiéramos llamar, situándonos en Sevilla, avenidas de origen terrestre; y otro, que se representa por la avenida descrita en segundo lugar, que pudiéramos llamar de origen marítimo; clasificación que estaría mejor hecha diciendo que la primera clase de avenidas es debida á causas que obran de un modo inmediato en

la parte alta de la cuenca del Guadalquivir; y la segunda clase, que es producida por causas que obran del mismo modo en la región baja.

CAUSAS QUE PRODUCEN LAS AVENIDAS EXTRAORDINARIAS.

Es evidente que, cuando se suman las dos clases de causas, las que influyen en la parte alta y las que influyen en la parte baja de la cuenca, se producen las máximas avenidas extraordinarias de la ría, que se presentarán, por consiguiente, cuando, después de soplar quince ó veinte días, con lluvias persistentes, vientos de mediana intensidad de los rumbos E. S. E. al O. S. O., sobrevengan fuertes vendavales con lluvias torrenciales por rumbos del S. S. E. al S. O. Entonces, coincidiendo en la parte alta de la ría y proximidades de Sevilla la existencia de las avenidas originadas por la cuenca alta con las producidas por la cuenca baja, y, sumándose los efectos de ambas, tienen lugar las avenidas extraordinarias que alcanzan alturas de 8'00 á 9'50 metros sobre la bajamar en el puerto de Sevilla. Entonces también, durante 15 ó 20 días, el régimen de avenidas, de mayor ó menor altura, reina en la ría con las consecuencias favorables y adversas para el puerto y para la navegación, que encontrará el lector en lugar oportuno.

CAUSAS QUE PRODUCEN LAS MÁXIMAS AVENIDAS EXTRAORDINARIAS.

Si á todas estas circunstancias se agrega el derretimiento rápido de nieves en la parte alta de la cuenca, y la marea viva en el mar, será fácil colegir cómo puede llegar á presentarse la máxima de las grandes avenidas extraordinarias que puede acaecer en la ría del Guadalquivir.

PEQUEÑAS AVENIDAS ORDINARIAS.

Con lo hasta aquí expuesto también puede formarse idea de las avenidas pequeñas de carácter ordinario, que, á su vez, pueden ser de origen terrestre ó marítimo, de su duración respectiva, de la rapidez con que se presenten y de las circunstancias todas que caracterizan á toda avenida y á las de uno y otro grupo.

También pueden ocurrir avenidas producidas por el derretimiento de las nieves, sin que se presenten lluvias en la cuenca baja del Guadalquivir. Son muy poco frecuentes, dan lugar á crecidas de carácter ordinario, que toman una altura de 2 á 5 metros sobre la bajamar, y acaecen, como es natural, en los meses de Marzo y Abril, cuando los inviernos han sido de fríos persistentes y escasos de lluvias, no permitiendo el deshielo paulatino de la nieve que se produce en las sierras de Granada y Jaén con temporales del S. ó del S. O.

ALTURAS DE LA AVENIDA MÁXIMA EXTRAORDINARIA DE MARZO DE 1892.

Como tipo de avenida extraordinaria debe presentarse la acaecida en Marzo de 1892.

Subió (véase el plano, hoja número 2) el nivel del agua en el puerto de Sevilla la enorme cantidad de 9'31 metros sobre el nivel de la baja viva ordinaria, ó sean 6'95 metros sobre el nivel de plea viva, llegando á alcanzar sobre el pavimento del muelle una altura de 3'65 metros, cubriendo los tinglados, los mecanismos de las grúas y las mercancías que no se pudieron retirar á tiempo.

Aguas arriba del puente de Triana, alcanzaron las aguas una altura mayor en 0'65 metros que la del puerto de Sevilla; en la punta de los Remedios subió, sobre la margen abarrancada, 1'50 metros; en la Punta del Verde, margen del Este, 0'90 metros; en el Copero, 1'20 metros; en Coria ó el Repudio, 2'20 metros; en la punta de la isla Hernando, 0'80 metros; en la Compañía, 0'60 metros; en los Olivillos, 0'50; en la Corta de los Jerónimos, 0'30 metros, siempre sobre las barrancas; y en la Isla Menor y toda la región de marismas, el agua se elevó 1'30 metros sobre el terreno, convirtiéndolas en una verdadera abra de mar hasta Sanlúcar. Es de advertir que el aumento de nivel del mar, producido por los vientos, contribuye quizás á la elevación de las aguas de la marisma en mayor proporción que las avenidas, pues se ve en los estiajes que cuando la marea viva se hace extraordinaria, se cubren estos terrenos con 0'20 y 0'30 metro de agua.

LATITUD DE LA AVENIDA EN EL PERÍODO DE MÁXIMA ALTURA.

En el anejo número 4 se presenta un perfil de la avenida en su máximo crecimiento, deducido recientemente por nivelación, de los datos sobre las alturas que tomaron las aguas en dichos puntos, suministrados por la gente de la localidad.

En la hoja de planos número 2 se representa también el cauce inundado, ó sea la parte del valle del Guadalquivir sumergida por las aguas en aquella avenida.

INUNDACIÓN PRODUCIDA EN EL CAUCE.

La marcha de la subida de las aguas en el puerto de Sevilla se acompaña también en el anejo número 5, presentada gráficamente, tomando por abscisas los tiempos, y por ordenadas las alturas medidas en el muelle.

ASCENSO Y DESCENSO DE LAS AGUAS EN EL PUERTO.

VELOCIDADES MÁXIMAS

La velocidad máxima de la corriente en el puerto fué de 2'23 metros por segundo, equivalente 4'38 millas por hora; en los demás tramos de ría no se hicieron observaciones directas, que son de grandísima dificultad; pero hay datos bastantes para asegurar que los valores de las velocidades son análogos, y aun algo mayores, en la región de ría comprendida entre Sevilla y la boca alta de la Corta de los Jerónimos.

En esta última aumenta extraordinariamente la velocidad de avenidas, por la estrechura que representa en el cauce, habiendo perdido mucha de su profundidad el antiguo torno del mismo nombre. La observación directa ha dado hasta cinco millas y media por hora en los momentos de máxima corriente.

Desde la Corta de los Jerónimos hasta Bonanza son mayores, en general, las velocidades de avenida que en la región alta, aunque menores que la observada en la Corta de los Jerónimos, y crecen á medida que el lugar de observación se acerca á la desembocadura.

INFLUENCIA DE LAS AVENIDAS EN LAS MAREAS.

Las mareas y sus influencias puede decirse desaparecen en la ría del Guadalquivir durante las avenidas extraordinarias; por de pronto, en toda la longitud de Sevilla hasta cuatro kilómetros antes de Bonanza, desaparece la corriente de hinchente, desde el momento en que las aguas montan el muelle del puerto, es decir, desde el instante en que la avenida toma una altura de 5'40 metros sobre el nivel de la baja.

La influencia ordinaria de estiaje de la marea en el nivel del agua en estado de crecida se modifica notablemente en toda la región superior y en una buena parte de la inferior, acusándose solamente aquel fenómeno desde Bonanza hasta Tarfía, por la elevación ó depresión del nivel del agua, según ley de marea, por más que la amplitud de la carrera diurna va decreciendo en sentido de aguas abajo á aguas arriba.

Hay, pues, en estos lugares variaciones en el nivel, según la hora de la marea, sin que se presente la corriente de hinchente, y reinando siempre violenta vaciante.

Los numerosos diagramas ó estados gráficos tomados en el puerto de Sevilla, representativos de las alturas que toman las aguas en las avenidas, demuestran de evidente manera que en este lugar desaparece en absoluto toda influencia de la marea en las avenidas extraordinarias y ordinarias.

INFLUENCIA DE LAS AVENIDAS EN LAS CORRIENTES DE MAREAS.

Cuando la avenida es ordinaria y su nivel alcanza en el muelle de Sevilla una altura de tres metros sobre la baja viva, no se presenta la corriente de hinchente en la región superior, pero se percibe en Bonanza hasta Tarfía, disminuyendo su intensidad de aguas abajo aguas arriba.

Para estas avenidas, la influencia de las mareas en el nivel del agua llega hasta la Lisa, boca baja de la Corta, y, á las veces, según el viento y la mayor ó menor cantidad de agua que conduce la avenida, la influencia de la marea en el nivel penetra en la región superior, notándose trazas de su variación especial y característica; pero en esta clase de avenidas tampoco se ve la existencia de la marea en el puerto de Sevilla.

Cuando las avenidas alcanzan en este lugar solamente una altura de 60 á 80 centímetros sobre la baja viva, reinan corrientes de creciente en toda la ría inferior, dejándose de percibir á la altura de Coria, y el juego de los niveles de la marea existe en Sevilla, y aun algunos kilómetros aguas arriba.

Las avenidas comprendidas por su importancia entre dos de los tres tipos que se acaban de considerar, producen efectos en el juego de corrientes y en el

juego de niveles de marea comprendidos también entre los relacionados antes para los tres tipos estudiados, y existiendo extraordinaria variabilidad en la intensidad de las avenidas, corresponde igual variación en el juego de corrientes y en el juego de los niveles de la marea.

Valores absolutos de las velocidades.

Los valores absolutos de las velocidades en cada lugar de la ría crecen y decrecen con la importancia de la avenida, y aunque no se conocen los valores númericos que alcanzan en cada uno, por los efectos que producen en la navegación y por el aspecto mismo de las crecidas, se puede concluir que oscilan entre los valores conocidos, y, según la importancia de la avenida, se acercan á uno ú otro de los tres tipos estudiados.

Dirección de las velocidades.

La dirección de la corriente de avenidas, representada por la de los filetes de máxima velocidad, es la que corresponde á las sucesivas secciones de cauce que ocupa.

En las pequeñas avenidas y en las ordinarias que no desbordan la dirección de los filetes de máxima velocidad, coincide sensiblemente con la dirección de las vaciantes en estiaje.

En las crecidas extraordinarias, la dirección de la corriente principal se determina siempre por el cajero del cauce de estiaje; sin embargo, en las orillas bajas de los tornos de Tablada y de la Isla Hernando, y en general allí donde las barrancas son de poca altura, se presentan fuera del cauce de estiaje corrientes secundarias, pero de mucha menor importancia en su velocidad que la principal que corresponden á un talweg ó vaguada secundarios.

Lugar del cauce que ocupan las máximas velocidades.

Lo que sí sucede en toda avenida, es que la zona de filetes de máxima velocidad se ensancha considerablemente, y tanto más cuanto más grande es el caudal de la crecida, ocupando en las extraordinarias la casi totalidad de la latitud del cauce de estiaje. (Para este concepto, se entiende por anchura del cauce de estiaje aquella parte de cajero que se encuentra completamente libre, sin plantaciones ni espigones.)

En los tornos violentos, la corriente de avenidas tiene el mismo régimen y sigue análogas direcciones á las explicadas para la corriente de vaciante de estiaje; se acercan, pues, los filetes de máxima velocidad á la margen cóncava, y, recorrida ésta, atraviesan oblicuamente el cauce, para penetrar en un tramo recto ó en otro torno siguiente; como no podía menos de suceder, se presentan también los movimientos desviatorios y revesas á redoso de la corriente, en la punta convexa, siendo las intensidades de estos fenómenos mucho mayores que en la corriente de estiaje, pues que dependen de las diferencias de velocidad, y éstas son tanto más grandes cuanto más considerables son las velocidades absolutas que las provocan.

Iguales consideraciones deben hacerse sobre las revesas y retenidas que ocasionan las diferencias de anchuras en tramos sucesivos. Estos fenómenos adquieren en avenidas notabilísima intensidad, que depende, naturalmente, de la importancia de la avenida.

Los hileros del Puntal y los escarceos de aquella región se hacen grandes con las avenidas, llegando hasta ser peligrosos para las embarcaciones menores.

Superficie de las avenidas.

La cara de avenidas en toda la ría no es unida, plana, horizontal y tranquila; presenta, por el contrario, el aspecto, las diferencias de nivel y los escarceos propios de toda corriente tumultuosa, que se despeña por su cauce, sobre todo, y especialmente en la primera región de la ría hasta la Corta de los Jerónimos inclusive; después, ensanchado ya considerablemente el cauce, siguen también los escarceos, pero son debidos, principalmente, á la influencia de los vientos duros de dirección contraria á la corriente que casi siempre reina durante la avenida. En la región superior, los vientos aumentan los escarceos peculiares de la corriente tumultuosa, y en los tramos orientados, próximamente, con el meridiano del viento, se hacen peligrosos para las embarcaciones de poco porte.

Las secciones de la desembocadura en Bonanza presentan el mismo ca-

rácter en cuanto al movimiento superficial de sus aguas, circunstancia que, unida al aumento de nivel que experimenta el mar, desabriga el fondeadero próximo á Bonanza, que se usa de ordinario, obligando á toda clase de embarcaciones á fondear más al interior y á redoso de Malandar.

Cantidad de arrastres que conducen las avenidas.

Se ha dicho antes que las avenidas provienen de lluvias en la cuenca inferior á Sevilla, ó de deshielos y lluvias en la cuenca superior á esta capital, ó de ambas cosas; las primeras se llaman *claras* en la localidad, no porque sus aguas lo sean en realidad, sino porque arrastran detritus en menor cantidad que las que provienen de las lluvias altas de la cuenca.

Las crecidas en que toma gran parte el Genil, que conduce aguas principalmente provenientes de deshielos de Sierra Nevada, traen grandes cantidades de barro ferruginoso; los arrastres de las avenidas provenientes de la cuenca superior á este río y á Sevilla, son en toda la ría arenas finas y fangos, excepto en la cuenca inferior, desde Tarfía, donde las márgenes arcillosas de marisma proporcionan pocos arrastres de fangos, limitándose las aguas en esta parte á remover los detritus contenidos en el cauce de estiaje.

Excusado es decir que por el mar no entran, durante las crecidas, detritus de ninguna clase; los pocos finísimos que llevan sus aguas en suspensión, salen con ellas, porque se mantienen en este estado, cualquiera que sea el grado de agitación del agua.

La cantidad de materias que arrastran las aguas varía con la importancia de las avenidas, dentro de la clase á que pertenece cada una, pues que el poder de suspensión depende de las diferencias de velocidades de unos filetes y otros, y éstas son mayores cuando son grandes también sus valores absolutos.

Para la misma avenida, la cantidad de materias conducidas por la corriente varía con los lugares, siendo la máxima en Sevilla é inmediatamente aguas arriba; es todavía relativamente grande hasta el tramo de la Compañía; decrece visiblemente en la Horcada, y continúa decreciendo hasta más allá de Tarfía, en donde puede decirse que quedan solamente en las aguas los detritus ténues fangosos que, mantenidos en suspensión por cualquiera velocidad, penetran en el mar algunas leguas, coloreando sus aguas en una extensa zona.

Para terminar con lo relativo á la cantidad de materias que arrastran las avenidas del Guadalquivir, se dirá que en la de 1892, según observaciones efectuadas en Sevilla, en los momentos de máxima altura, las aguas conducían materias sólidas en cantidad de 4 °/₀ en volumen. Como el gasto á que daba paso la parte de sección transversal que correspondía al cajero se estimó en aquellos momentos en 1.481'76 metros cúbicos por segundo, resultan 59'27 metros cúbicos por segundo de fango, ó 213.372'00 por hora, para el volumen de fangos que llevaban las aguas que pasaban por aquella parte de sección transversal, á lo que debe agregarse el arrastre por el fondo y por las márgenes desbordadas, también de muchísima consideración. (Datos del Ingeniero Sr. Ezcurdia.)

En cuanto á la cantidad relativa de arenas y fangos que acarrean las avenidas, debe decirse que llevan más ó menos arenas finas con relación al volumen de los fangos, según su importancia; y que, á medida que se acerca el lugar que se considera hacia la desembocadura, partiendo de Sevilla, van desapareciendo las arenas y disminuyendo su tamaño, dentro de la pequeñez que presenta siempre esta materia.

Períodos de ascenso y de descenso que se presentan en las avenidas.

No hay, además, que olvidar que toda avenida, por importante que sea, pasa con continuidad, al crecer y decrecer, por todos los estados anteriores al máximo que alcanzó, permaneciendo en ellos más ó menos tiempo, deteniéndose más, por regla general, en aquellos estados que se pueden representar por una altura de agua en el muelle de Sevilla de 2 ó 3 metros sobre la bajamar.

De esta consideración se deduce que todo lo relativo á velocidades, arrastres, escarceos y demás circunstancias de la avenida, varían en cada una

y durante ella, como el lector puede fácilmente colegir después de lo expuesto anteriormente.

Gastos en estiaje en altas aguas y en avenidas ordinarias y extraordinarias del año 1897.

No hay que decir que los datos conocidos del gasto del río Guadalquivir en sus estados de estiaje, altas aguas, avenidas ordinarias y extraordinarias, son bastante incompletos. Con lo hasta aquí expuesto hay sobrado para comprender cuán difícil será determinar secciones y medir velocidades en los estados de avenidas en la región inferior á Sevilla.

La División Hidrológica de Córdoba tiene establecida la última estación de aforo en Cantillana, y en ella se han recogido los datos siguientes, que constituyen el conjunto más apropiado para formarse alguna idea del caudal por demás variable del río Guadalquivir; debiendo tener presente la consideración de que, después de Cantillana, entran en el cauce afluentes tan importantes como el Viar, Rivera de Huelva, Guadaira y Guadiamar; los dos primeros, anteriores á Sevilla.

Río Guadalquivir. **Escala de Cantillana.**

Á 380 metros agua-arriba del paso de la Barca, á 535'90 kilómetros del origen del Río y á 41'750 de Sevilla.

Relación del gasto de agua en la estación de aforos

Meses	Gasto medio por segundo.	Volumen por día.	Volumen por mes.	Volumen total en el año.
	Metros cúbicos.	Metros cúbicos.	Metros cúbicos.	Metros cúbicos.
Enero.	1.417,663	122.486.116,645	3.797.069.616,000	5.957.147.980,800
Febrero. . . .	182,123	15.735.396,343	440.591.097,600	
Marzo.	114,047	9.853.632,929	305.462.620,800	
Abril..	89,343	7.719.284,160	231.578.524,800	
Mayo.	80,568	6.961.075,200	215.793 331,200	
Junio.	45,958	3.970.771,200	119.123.136,000	
Julio..	21,549	1.861.861,470	57.717.705,600	
Agosto.	12,256	1.058.960,206	32.827.766,400	
Septiembre. . .	30,460	2.631.709,440	78.951.283,200	
Octubre. . . .	42,998	3.715.063,431	115.166.966,400	
Noviembre. . .	156,288	13.503.309,120	405.099.273,600	
Diciembre.. . .	58,903	5.089.247,070	157.766.659,200	

Término medio por mes. 496,428.998,400
Id. íd. por día. . . . . 16'320.953,372
Id. íd. por segundo. 188,900
Caudal máximo por segundo correspondiente al 9 de Enero. . . . 6.436,644
Caudal mínimo por segundo correspondiente al 31 de Agosto. . . 11,350

Pertenecen los datos al año 1897, el más completo del período en que existen observaciones.

En este año, y en el mes de Enero, tuvieron lugar dos avenidas de carácter extraordinario, que tomaron un metro menos de altura que la del 92, y dieron una velocidad media de 5'760 metros por segundo, y un volumen de 6.436'644 metros cúbicos en la misma unidad de tiempo; lo que supone en 24 horas 556.126.041600 metros cúbicos.

En el anterior estado se aprecian las variaciones mensuales, por razón de las distintas estaciones, y salta á la vista, inmediatamente, la enorme diferencia que hay entre el gasto máximo antes señalado y el mínimo de estiaje que tuvo lugar el 31 de Agosto, que fué de 11,350 metros cúbicos, que correspondía á una velocidad media de 0,490 metros cúbicos por segundo.

§ VII

Influencias de los elementos del régimen en el lecho y cauce de la ría

División de estas influencias.

Estudiados el lecho y cauce de la ría del Guadalquivir, y conocidos en la medida que se necesita los movimientos de sus aguas, en estado de estiaje y de avenidas ordinarias y extraordinarias, procede ocuparse de las mútuas influencias y relaciones que existen entre todos estos elementos.

Es sabido que estas influencias son de tres clases: influencias que producen fenómenos de socavación, influencias que ocasionan arrastres é influencias que dan lugar á fenómenos de depósito ó de aterramiento.

Estudiemos, pues, separadamente estos tres órdenes de fenómenos en la ría del Guadalquivir y en su parte navegable, que es la que interesa á los fines de este trabajo.

Socavaciones.

Cuando la velocidad de una corriente, por la fuerza viva que representa en un punto determinado, es capaz de vencer la cohesión de los terrenos por donde discurre, destruye éstos en mayor ó menor cantidad, produciendo lo que se llama socavación.

Insocavación de las márgenes de la ría.

En la generalidad de las márgenes de la ría del Guadalquivir, formadas por barrancas compuestas de una capa inferior de arcilla gris y de otra capa superior de tierra vegetal compacta, que se mantiene con talud vertical y aun en trompa, no existe propiamente el fenómeno de socavación tal como queda descrito.

Desde luego la velocidad de las corrientes de estiaje es, como se ha visto, muy pequeña para atacar la arcilla gris compacta, que es la que queda cubierta por las aguas. No hay, pues, erosión directa de las márgenes durante el estiaje, ó, si existe, es casi despreciable.

En avenidas ordinarias y extraordinarias, ocupando las aguas todo el cajero, y desbordando por las márgenes, tampoco las velocidades son suficientes, ni para atacar de una manera sistemática y contínua la capa inferior de arcilla, ni para vencer completamente la cohesión que presenta la capa superior de tierra vegetal; siendo buena prueba de esta importante afirmación que, aun durante las mayores avenidas, las márgenes permanecen sensiblemente invariables, presentándose solamente, quince ó veinte días después, en algunos puntos y en espacio reducido, desprendimientos que hacen como entalladuras en la línea general de la barranca.

No hay, pues, durante la avenida, y en los momentos que actuan las velocidades, erosión alguna importante, ni cambia de una manera contínua la dirección general de la barranca, como habría de suceder si las aguas fueran deshaciendo el terreno de los escarpes que encuentran á su paso.

La no existencia de verdaderas socavaciones que se viene señalando, tiene lugar en toda la ría, lo mismo en su región superior que en su región inferior de marisma; pero así en las barrancas de tierra vegetal de la primera, como en la pequeña capa de esta misma clase de terreno que existe en las marismas más próximas á Sevilla, tienen lugar los desprendimientos antes indicados, que prolijamente se explicarán después, que son pequeños considerados en sí mismos y con relación á la longitud total de márgenes.

Desprendimientos y degradaciones superficiales de las márgenes.—Sus causas.

Se explica el interesante fenómeno de los desprendimientos que acaecen en las márgenes, después de las avenidas, por la disminución de cohesión que localmente experimenta todo terreno arcilloso al cambiar su estado higrométrico, ó sea la cantidad de agua que contiene.

En las barrancas de la ría la capa inferior de arcilla está, en virtud del juego de mareas, sumergida unas veces y expuesta otras á la extraordinaria sequedad y á las altas temperaturas legendarias y conocidísimas de la región andaluza.

La masa de arcilla se contrae lentamente con la sequedad y se dilata con la humedad, y al verificarse estos movimientos, se crean dentro de ella líneas de mínima cohesión, que se convierten en grietas más ó menos profundas, y tan importantes, que llegan á veces á producir pequeños desprendimientos formados por terrones de mayor ó menor tamaño, según se iniciaron y produjeron las líneas de mínima cohesión.

Las capas de tierra vegetal, superiores á la de arcilla, que también son algo arcillosas, cambian de estado higrométrico desde la estación de las lluvias al estío, y sufren igual efecto, aunque de mayor intensidad, en aquellos lugares en que su parte inferior es bañada por las aguas de las altas mareas, apareciendo en ellas, de la misma manera que en la capa de arcilla inferior, las líneas de mínima cohesión y las grietas y los derrumbios ó desprendimientos superficiales.

En este estado de degradación las márgenes, y existiendo á lo largo de ellas grandes desigualdades de cohesión en diversos puntos, se comprende que, al presentarse una avenida sumergiendo mayor ó menor altura de barranca, sus velocidades produzcan sucesivamente los efectos siguientes: Primero, limpia y arrastre de los desprendimientos ya realizados; segundo, separación y arrastre de las masas que estaban á punto de desprenderse; y tercero, penetración de las aguas en el interior de la masa, y en cierto espesor, por las grietas que dejó la contracción que tuvo lugar en el estado de sequedad existente antes de la avenida.

La imbibición de agua por la superficie de las barrancas, por las grietas existentes y las que recogen por filtración de los terrenos contiguos, provoca movimientos de dilatación en la arcilla y en la capa de tierra vegetal arcillosa, dando lugar á los desprendimientos superficiales que se presentan después de las avenidas.

Contribuyen también, en cierta medida, á la creación de estos desprendimientos superficiales, los escarceos que produce el viento sobre la superficie de las aguas, que rompen sobre las barrancas, bien orientadas al efecto, y los que ocasionan los barcos de porte de mucho andar, que también se amortiguan sobre las márgenes.

Desprendimientos en masa de las márgenes.—Sus causas.

Todos los desprendimientos superficiales que se acaban de indicar, de poco volumen en general, van á la larga, y paulatinamente, destruyendo y retrasando las barrancas, y merecen por esta causa alguna consideración y ser tenidos en cuenta al disponer las obras objeto de este trabajo; pero no deben ser confundidos con las verdaderas socavaciones, que tienen solamente lugar mientras reinan las velocidades que las pueden producir, cesando cuando éstas dejan de existir.

Hay otros desprendimientos, no superficiales, voluminosos, en masa, que acaecen 15 ó 20 días después de las avenidas, dejando en la barranca de la margen como entalladuras de una profundidad que llega hasta 5 y 6 metros, y de una longitud de 10 á 12 metros. Existen desprendimientos en masa en esta clase de terrenos que producen descenso de los volúmenes removidos, presentándose sucesivos escalones, separados por anchas grietas, metiéndose dentro del cauce de estiaje las tierras de la capa superior de la barranca, dejando ver en éste, á las veces, la vegetación que recubre la superficie, igual á la general del terreno á que estaban unidas las tierras desprendidas.

Es muy de notar el hecho de que esta clase de desprendimientos se presentan solamente en aquellas barrancas que tienen una altura de 5 ó 6 metros, siendo el espesor de la capa de tierra que insiste sobre la arcilla de 3 ó 4 metros.

Su explicación es por demás sencilla. Las avenidas extraordinarias inundan gran extensión de los terrenos de la margen; ésta suele formar hoyadas, que, al retirarse las aguas, producen charcas de grande extensión, que desaguan por filtración, siguiendo las vetas de mayor permeabilidad que ofrece el subsuelo, no completamente homogéneo. Estas cuencas ú hoyadas dan lugar á lo que se llaman *albinas*, es decir, terrenos tan bajos y húmedos, que son impropios para el cultivo. Las filtraciones de las lagunas y albinas acaban por correr sobre la capa de arcilla inmediatamente inferior á la de tierras de la superficie, dirigiéndose hacia el lecho del río, y formando en la barranca chorros y goteos por la cara de unión de las dos capas de arcilla y de tierra; las aguas son más abundantes donde las cuencas son mayores, ó sea donde forman verdaderas albinas, como sucede en la Punta del Verde, ó donde pertenecen á un trozo de cauce viejo que forma aún alguna hondonada.

La capa de arcilla se encuentra, pues, reblandecida por el paulatino curso y continua permanencia de las aguas de filtración, y, perdiendo gran parte de su cohesión, se hace incapaz de sostener el peso de la capa de tierra vegetal que le es superior; la compresión que produce ésta desaloja una parte de arcilla en estado pastoso, que sale vertiéndose al cauce de estiaje, siendo arrastrada por las velocidades de las aguas, que, quince ó veinte días después de la avenida, todavía son sensiblemente mayores que las de estiaje, por correr aún por la ría buena cantidad de agua de monte. El espacio ocupado por la arcilla desalojada se llena por la masa desprendida de la capa de tierra vegetal, que desciende verticalmente, creándose los escalones y las anchas grietas que aparecen al ocurrir el desprendimiento, ó, mejor dicho, el descenso de la masa de tierra.

Se ve, pues, que, para producirse todos estos fenómenos de imbibición paulatina y de pérdida de cohesión, se necesita el transcurso de quince ó veinte días, y de aquí que los desprendimientos en masa tengan siempre lugar pasado este período y después de las crecidas.

También es fácil colegir que la repetición sucesiva de los desprendimientos en masa, que en una avenida se presentan en unos lugares, en otra en otros, y así en todas, equivalga á la larga, en cuanto á los efectos de deformación y retirada de la margen, á una violenta socavación realizada directamente por las aguas.

Socavaciones en el lecho del cauce menor y arrastre de los productos.

Casos en que el lecho sea de arenas finas y fangos.

Continuando el estudio de los fenómenos de socavación, se tratará de los que se presentan en el lecho, ó región del fondo propiamente dicha.

Cuando una corriente de alguna velocidad corre por un lecho compuesto de detritus arenosos y fangosos de pequeño tamaño, ocurre siempre que los detritus más ténues salen del fondo y quedan en suspensión en la masa de las aguas, á virtud de la diferencia de velocidad de los filetes líquidos próximos. Los que no tienen tamaño suficientemente pequeño para ser completamente suspendidos, corren en las proximidades del fondo, para caer aquí, levantándose más allá, y así sucesivamente. Los que siguen en tamaño creciente á estos últimos, están en un estado que se pudiera llamar aligerado ó de cuasi suspensión, y son arrastrados en sentido de la corriente, rodándolos por la superficie del fondo; pero no lo recorren continuamente sino por las pendientes de los rizos que forma aquella superficie, análogos á los que el viento produce en la duna; suben las arenas por la pendiente tendida que forma la cara anterior del rizo, y descienden por la pendiente más fuerte de la otra cara; de suerte que viene á resultar como una traslación del rizo en sí mismo; á uno de éstos sucede otro, á éste otro, y así sucesivamente.

Si en un fondo suponemos existe una capa de profundidad indefinida de

detritus pequeños, según vayan aumentando los valores numéricos de la velocidad de la corriente de que se trate, se pondrá en movimiento mayor altura de la capa de detritus, distribuyéndose la cantidad removida, parte para ser suspendida, y parte para ser arrastrada, hasta saturación del poder de suspensión en el primer caso, y hasta que se anulan las velocidades en el segundo. Si debajo de esa capa de detritus hay otra de terreno inatacable ó poco atacable, como sucede en la ría del Guadalquivir, el fondo quedará limpio de detritus, y las aguas correrán por este último terreno.

Socavaciones producidas en el fondo durante el período de crecimiento de las avenidas.

Por consiguiente, al sobrevenir una avenida en el Guadalquivir, según sea la importancia de ella y de su velocidad, se produce una socavación, ó sea un levante, y una desaparición del fondo de una capa de detritus de mayor ó menor espesor; y, según sea este último, aparece ó no en cada punto el cajero de arcilla que forma el lecho, limpiándolo de detritus ó permaneciendo una altura dada de ellos. Con las avenidas extraordinarias, y en los momentos de máxima velocidad, el espesor de la capa removida se ha comprobado ser hasta de metro y medio.

En aquellos lugares en que, lo mismo en estiaje que en avenidas, el fondo del lecho es de arcilla, tienen también lugar fenómenos de socavación cuando las velocidades adquieren valores exagerados, porque, aumentando indefinidamente la velocidad, no hay verdaderamente terreno insocabable; con el tiempo y con la fuerza viva de las masas de agua todo se destruye y desaparece, más ó menos lentamente. Por esta razón se socaba la arcilla gris compacta permanentemente sumergida; probablemente porque, arrastrando las aguas poco á poco los elementos de arcilla de menor cohesión ó las arenas que contiene, éstas más abundantes en unos lugares que en otros de la masa que, al cabo, no es de composición exactamente uniforme ni homogénea, van quedando líneas de mínima resistencia, que al fin se convierten en líneas de separación que cortan trozos de volumen apropiado para ser arrastrados por las aguas.

Una vez en movimiento estos trozos, los repetidos choques que experimentan y el aumento de superficie sobre que ejercen las aguas su acción destructora, acaban pronto por desmenuzarlos y por separar los elementos primitivos de que se componen, que son arenas y fangos arcillosos.

Caracteres de las socavaciones en los fondos arcillosos.

Esto sentado, todo el mundo comprende fácilmente que la socavación de los fondos de arcilla será lentísima, que será preciso el transcurso de mucho tiempo para que sean visibles sus resultados en los puntos del lecho formado de este material donde discurren las aguas en inmediato contacto con él, y, sobre todo, que será indispensable se produzca la acción continuada de grandes velocidades, que en el Guadalquivir sólo pueden existir durante las avenidas, y en las secciones muy estrechas del cajero y cauce menor.

Notables hechos prácticos que confirman el modo de hacerse las socavaciones en los fondos de arcilla.

Así se explica, y no de otra suerte han podido ocurrir, las grandes socavaciones que han tenido lugar en la capa arcillosa del fondo de la ría.

La más importante de todas éstas es la que se ha verificado en la Corta de los Jerónimos. Se terminó esta corta en 1888, con las dimensiones siguientes: Longitud, 5.500 metros; latitud, 100 metros; profundidad, contada desde la bajamar, 4‘20 metros.

Pequeñas obras de estrechamiento en la boca del brazo por donde antiguamente iban las aguas, provocaron rápidamente el paso de éstas por la nueva corta, en la que tomaron, sobre todo durante las avenidas, grandísima velocidad. La socavación del fondo de arcilla y de las márgenes, del mismo material, no tardó en presentarse, aumentando progresivamente después de cada avenida; y en la actualidad, la Corta de los Jerónimos tiene una anchura de 130 metros y una profundidad uniforme de 10 metros á la bajamar.

La Corta Merlina, que, como se ha dicho en el capítulo primero, se abrió en 1794 con una longitud de 600 metros, una anchura de 100 metros y una profundidad de 5‘00 metros á la bajamar, tiene en la actualidad 170 de anchura y más

de nueve metros de profundidad, obtenida solamente por socavación natural de las aguas.

Del mismo modo, la Corta Fernandina, abierta en 1816, con 1.600 metros de longitud, 45 de anchura y dos metros de profundidad, á partir de la bajamar, tiene hoy 130 metros de anchura y 7'00 metros de profundidad, sin que se haya hecho ningún ensanchamiento ni aumento de la profundidad por medios artificiales.

En las márgenes cóncavas de la vuelta del Verde, de la Isla de Hernando, de los Olivillos y otras, existen también socavaciones considerables en la capa de arcilla, producidas asimismo, con el transcurso del tiempo, por las exageradas velocidades de las avenidas en aquellos lugares, cuyas aguas baten además, por choques y tumultuosamente, los piés de las barrancas, de perfil acantilado y de violenta curvatura en su forma horizontal.

La apreciación de que es indispensable el transcurso de años para producir estas socavaciones, se demuestra por el hecho de que casi no son acusadas por la sonda después de cada avenida, y, sin embargo, existen y se han producido; que se necesita que las velocidades sean exageradas, se desmuestra también por la circunstancia de que aquella exageración es visible en los lugares en donde se presenta la socavación.

Socavaciones producidas al chocar las aguas en las barrancas curvas.

La forma de las socavaciones en la vuelta de Hernando y del Verde demuestra claramente que son debidas á los remolinos por choque que han hecho las aguas al llegar acumuladas á las barrancas cóncavas y de talud vertical; remolinos por choque, que hay que distinguir bien de los movimientos desviatorios contínuos, debidos á diferencias de presión entre dos masas de agua próximas; porque los primeros, trabajando por su fuerza viva, producen siempre socavaciones; y los segundos, anulando poco á poco su velocidad, originan siempre aterramientos.

Transporte de los detritus.

El transporte de los detritus tiene lugar de la manera que antes se ha indicado, siempre en sentido de la corriente, y están en movimiento hasta que, por cualquier causa, se disminuyen ó anulan las velocidades que los acarrean, pasando en general de una zona de mayor velocidad á otra de menor velocidad.

Las arenas de mayor volumen dejan de ser arrastradas al desaparecer las velocidades máximas de la avenida, y las de volúmenes menores cesan en su movimiento conforme va disminuyendo aquella velocidad, transportando después las aguas solamente los fangos finos arcillosos, que necesitan de una tranquilidad casi absoluta para depositarse.

Los fangos finos salen de la ría en las avenidas, penetrando muchos kilómetros en el mar, ensuciando sus aguas en una zona extensísima, siendo mantenidos en suspensión, dentro de la ría, por las pequeñas corrientes y por los escarceos más insignificantes, y en la mar por los movimientos de sus aguas.

Las corrientes de marea en los estiajes, sobre todo cuando en su sucesión se aumentan las velocidades, arrastran por el fondo arenas muy pequeñas, que en la localidad llaman *voladoras*, y mantienen además en suspensión los fangos arcillosos que existen en el lecho, enturbiando las aguas de la ría, que nunca se encuentran perfectamente claras, presentando siempre, por transparencia, aun en los momentos en que parecen más limpias, un color más ó menos opalino.

Sedimentación de los detritus.

Los depósitos se verifican, como se acaba de decir, para cada tamaño y clase de detritus, donde disminuye la velocidad, ya sea porque va cesando la avenida en todo el cauce, ya sea porque, sin variar el gasto, pasen á aquellos puntos en que es menor el poder de suspensión y de arrastre.

En la ría del Guadalquivir, según se ha visto, las zonas de menor velocidad se encuentran en las puntas convexas, á redoso de la corriente, en las que se dijo había movimientos desviatorios, y hasta revesas, que, naturalmente, llevan una velocidad mucho menor que la de la corriente principal; también

habrá disminución de velocidad, según se vió al estudiar el régimen de las corrientes, en las secciones anchas seguidas de otras más estrechas; en estos lugares, pues, ocurrirán, en general, los aterramientos.

Influencia de los valores absolutos de las velocidades en las variaciones del lecho.

Como en la ría objeto de este estudio varían los valores absolutos de las velocidades entre límites tan separados como son los de estiaje, que hasta pasan por cero, al invertir durante la estoa de corriente, y los considerables de las avenidas extraordinarias, conviene decir cuatro palabras sobre la influencia de los valores absolutos de las velocidades en el régimen del lecho, estudiando la mínima, debida á las corrientes de marea en el estiaje, y la máxima, que debe ser atribuída á las violentas avenidas extraordinarias.

Variación de las velocidades en estado de estiaje.

Las corrientes de marea dominan el movimiento de las aguas de la ría durante el estiaje; las velocidades de la de creciente y vaciante, pequeñas en sus valores máximos, varían continuamente, decreciendo y creciendo, desapareciendo al invertir durante las estoas de corriente, quedando, como resumen del juego de todas ellas, el predominio de las vaciantes.

Variaciones del lecho debidas á las velocidades de estiaje.

Por tanto, la pequeña cantidad de arenas que arrastran por el fondo estas corrientes, irá y vendrá, recorriendo pequeñas longitudes de ría, ganando algo hacia el mar al fin del período de estiaje.

Como la corriente de creciente sigue en algunos puntos dirección algo distinta de la de vaciante, predominando sobre ella solamente en algunas mareas muy extraordinarias, resultará que, en ciertos lugares, los depósitos de crecientes permanecerán sin ser anulados por la corriente de vaciante; pero como quiera que el volumen de las arenas que transportan las corrientes de marea, y su tamaño, son por demás insignificantes, los depósitos que hacen en el cauce subsisten poquísimo tiempo, pues basta la presentación de una pequeña cantidad de agua de monte para que los efectos que son propios de las corrientes de vaciante dominen por completo, haciendo desaparecer los producidos por las corrientes de marea; y no hay que decir que ni rastro de ellos queda después de una avenida pequeña, ordinaria ó extraordinaria.

Pueden, pues, establecerse las siguientes conclusiones, relativas á la influencia del régimen de las aguas de estiaje en el lecho de la ría: primera, durante el estiaje el relieve general del lecho permanece sensiblemente invariable; segunda, la influencia de las corrientes de marea en el régimen definitivo del lecho es de poca importancia. (1)

Variaciones de las velocidades en estado de avenidas.

Toda avenida, ordinaria ó extraordinaria, presenta tres períodos: el ascendente, en que va aumentando la velocidad de las aguas; el de permanencia de las intensidades máximas, y el descendente, durante el que disminuyen aquellas velocidades.

Por regla general, el período ascendente es relativamente pequeño; las avenidas adquieren la máxima intensidad, ó una intensidad próxima á ésta, en un período de veinte ó veinticuatro horas, habiendo sido en algunas de siete ú ocho.

El período de permanencia de la avenida es, generalmente, más largo que el período ascendente, entendiendo aquí por período de permanencia, no el tiempo en que la avenida mantiene la velocidad máxima que alcanza, que no suele ser largo, sino el tiempo en que las velocidades son análogas á la máxima, aunque crezcan y decrezcan, como suele suceder durante este período. En general, las avenidas están en este estado durante dós á cuatro días.

El período descendente empieza después, disminuyendo la velocidad, y dura, generalmente, seis ú ocho días, considerándolo limitado, no por el momento en que las aguas descienden al nivel de aguas ordinarias, sino por el instante en

(1) Se advierte que las fuertes corrientes que reinan en la región de Tarfía á Bonanza, siempre en sentido de la vaciante durante las avenidas, no se consideran corrientes de marea, pues que no invierten en toda la fase.

que tienen una altura mayor de 0,80 á 0,90 sobre el nivel ordinario, pues aquella altura permanece ocho ó diez días después y, á veces, más tiempo.

VARIACIONES DEL LECHO DEBIDAS Á LA INFLUENCIA DE LAS VELOCIDADES DE AVENIDAS.

En el primer período ascendente sufre el lecho de la ría las influencias de sus crecientes velocidades, que consisten en una socavación general de una profundidad que aumenta con la velocidad, cargándose las aguas cada momento con mayor cantidad de arenas y fangos, aumentando también los arrastres por el fondo y la amplitud y profundidad de los rizos que producen.

El máximo de estos fenómenos, que empieza cuando se inician las velocidades próximas á la máxima, se mantiene todo el tiempo que éstas duran, ó sea todo el segundo período.

Las materias que transporta la corriente en este estado recorrerán una longitud de cauce mayor ó menor, relacionada con la duración de este segundo período.

Al empezar á descender la avenida, empiezan en toda la ría los tiempos de depósito general, arreglándose las materias que arrastra la corriente, según las velocidades que en cada lugar vayan resultando durante y al fin de este tercer período.

Sobrevendrán, pues: primero, un relleno de la socavación general que produjo en el fondo el segundo período, en que reinaban las grandes velocidades; segundo, depósitos en aquellos puntos en que la forma del cauce los provoque al descender las aguas, manejando y determinando las velocidades en cada lugar.

Toda avenida crece, se desarrolla é influye en el cauce y en los fondos que dejó la anterior, y crea, al descender sus aguas, un nuevo cauce y un nuevo relieve del lecho, que depende de la forma que tenga el cauce en el período de descenso.

Si, pues, este cauce no ha variado, por no haberse ejecutado en él obras de ninguna clase destinadas á modificarlo de algún modo, los efectos de una avenida, producidos en su período de descenso, serán del mismo sentido, de la misma clase, análogos, por no decir iguales, á los producidos por la anterior; por consiguiente, allí donde existían socavaciones de fondo ó de margen al fin de la avenida anterior, permanecerán ó se aumentarán; y allí donde se produjeron depósitos, continuarán ó se exagerará su importancia.

INFLUENCIA DE LAS OBRAS QUE SE EJECUTEN EN EL CAUCE MENOR EN LAS VARIACIONES DEL LECHO, OCASIONADAS POR LAS AVENIDAS.

Por el contrario, si se han ejecutado obras de márgenes en el fondo y dentro del cauce de avenidas, que comprende naturalmente el de estiaje, destinadas, por ejemplo, á provocar socavación donde antes había depósito; ó viceversa, dirigidas á evitar la socavación ó el depósito que antes se produjera, entonces el lecho y los fondos se transformarán por medio de socavaciones realizadas en el período de crecimiento y duración, que no se rellenarán por completo en el período de descenso; ó por medio de depósitos que tendrán lugar en este período, en puntos donde antes no existían; ó bien impidiendo la socavación ó el depósito que tenían lugar en avenidas anteriores y antes de la ejecución de las obras.

De esta suerte quedarán el lecho y cauce modificados, diferiendo del anterior que dejó la última avenida, según el sentido que informó el establecimiento de las obras, si éste se hizo con el suficiente acierto, quedando arreglados los depósitos por las velocidades que reinaron durante el último período descendente.

El nuevo cauce permanecerá sensiblemente sin variación hasta el momento en que una avenida de mayor ó menor importancia proporcione velocidades de valores absolutos análogos á los de las velocidades que en los últimos momentos lo determinaron.

VARIACIÓN FINAL Y DEFINITIVA DEL CAUCE PRODUCIDA POR LOS ESTADOS DE AVENIDAS Y DE ESTIAJE.

Las velocidades, pues, de aguas ordinarias y de estiaje que remueven poco volumen de detritus y de pequeño tamaño, afinan y modifican, en algunos centímetros solamente, el lecho que dejó la avenida anterior, cuyo relieve general permanece, por consiguiente, sin variación sensible para los fines prácticos de la navegación y del régimen.

En los estados de las aguas, comprendidos entre el de estiaje y el de avenidas extraordinarias, se producen fenómenos análogos á los descritos para las

avenidas importantes, pero con una intensidad menor, en cierto modo proporcional á la intensidad de la avenida que se considere.

Influencia de los escarceos en las márgenes.

Los efectos de los escarceos son más bien de degradación que de socavación de las márgenes, y se mencionan aquí porque, sin duda alguna, y en determinados puntos, ejercen alguna influencia en su conservación.

§ VIII

Leyes del régimen del cauce de la ría

Como resumen de cuanto se acaba de exponer sobre el conjunto de fenómenos que caracterizan el régimen del cauce de la ría del Guadalquivir, se enunciarán lo que se pudiera llamar leyes del régimen.

Aterramientos producidos por las avenidas ordinarias y extraordinarias.

Primera.—El cauce mayor de la ría del Guadalquivir está sometido, en general, á importantes aterramientos, producidos por las frecuentes avenidas ordinarias y extraordinarias que experimenta la corriente.

Estos aterramientos tienen lugar donde son mínimas las velocidades, durante y al final de cada avenida, sea por ley natural de la corriente, sea por haberse construído obras destinadas á disminuirlas.

Socavaciones producidas por las avenidas ordinarias y extraordinarias.

Segunda.—Las avenidas ordinarias y extraordinarias producen solamente socavaciones en el fondo y en las márgenes cuando las secciones transversales tienen anchuras determinadas, que varían en los distintos tramos del cauce.

También se producen socavaciones al pie de las barrancas de las vueltas violentas que forma el cajero.

No siendo grande la intensidad de las socavaciones que ocasiona cada avenida, se necesita el transcurso de mucho tiempo para que aquéllas resulten visibles é importantes.

Depósitos y socavaciones producidos por las pequeñas avenidas ordinarias y por las altas aguas de invierno.

Tercera.—Las aguas de la ría en estado de pequeñas avenidas ordinarias y de altas aguas de invierno, socavan ligeramente los fondos y márgenes de arena y fango de las márgenes, relativamente estrechas, y depositan los productos que arrastran en aquellos puntos en que existe abrigo y disminución de las velocidades, sea por ley natural de la corriente, según la forma del lecho, sea por virtud de las obras que se hayan ejecutado con ánimo de provocarlos.

Modo de variación de las socavaciones y aterramientos producidos por las avenidas.

Cuarta.—Todas las socavaciones y aterramientos que producen las avenidas son mayores en la zona alta de la ría, desde Alcalá del Río hasta la Horcada, que las ocasionadas en la zona baja, desde este último punto hasta Bonanza.

En estas dos zonas, las intensidades de las socavaciones y de los aterramientos decrecen, dentro de sus respectivas longitudes, á medida que se consideran puntos más próximos á la desembocadura.

Invariabilidad del cauce de estiaje.

Quinta.—Las aguas de estiaje no alteran sensiblemente ni el fondo ni las márgenes del lecho, ni, por tanto, ocasionan fenómenos de aterramiento y socavación que deban ser considerados.

Degradaciones de las márgenes en avenidas y en estiaje.

Sexta.—Los márgenes de la ría están sujetas á degradaciones. En las del cauce de estiaje se producen por los escarceos que levanta el viento en los tramos de ría bien orientados al efecto, y por los que son debidos al paso, con gran velocidad, de los barcos de porte. Las del cajero, en su parte comprendida por el cauce mayor, son debidas á las alternativas de sequedad y humedad á que están sometidas las barrancas, por la variación del nivel de las aguas, debido á la marea, á las altas aguas de invierno y á las filtraciones que después de las grandes avenidas llegan á sus paramentos.

Tamaño de los aterramientos y grado de salazón de la sedimentación.

Séptima.—La ría del Guadalquivir, en cualquier estado en que se encuentren sus aguas, remueve por el fondo y arrastra en suspensión solamente detritus de pequeño tamaño, compuestos por arenas muy finas y fangos arcillosos que provienen de los terrenos cuaternarios y diluviales del cauce inmediatamente

anterior á Sevilla, y de las erosiones, degradaciones y desprendimientos, de pequeña importancia relativa, que hacen las aguas en la región de cauce comprendida entre Sevilla y Bonanza. La sedimentación se hace por las avenidas, en aguas dulces, hasta la altura de la boca alta de la Corta de los Jerónimos; desde este punto hasta Tarfía, el aterramiento, de poca importancia ya, tiene lugar dentro de aguas cada vez más mezcladas con las saladas del mar; y desde Tarfía hasta la desembocadura la inapreciable sedimentación que existe tiene lugar en aguas que se diferencian muy poco ó nada de las del mar.



Capítulo Octavo

Estudio de las obras de mejora de la navegación de la ría.

§ I

Datos, principios fundamentales y procedimientos que deben tenerse á la vista al hacer este estudio

Mejoras que hay que realizar en la canal.

En el capítulo sexto se hizo el análisis de las condiciones que presenta la ría para satisfacer las actuales y progresivas necesidades de la navegación.

Se ha visto también en aquel capítulo, y en otros anteriores, que el puerto de Sevilla y su tráfico marítimo tienen justo título y fundadas razones para aspirar, sin incurrir en exageración alguna, á establecer desde luego en la ría una navegación de un calado efectivo de 23 piés ingleses, que debe realizarse con todo desahogo y comodidad.

El cauce actual y su canal navegable presentan, para permitir la navegación de 23 piés y para mantener la actual de 18 y medio piés, según se demostró en el capítulo antes citado, deficiencias notables é importantes que es preciso hacer desaparecer.

Consisten estas deficiencias ó inconvenientes: 1.º En la falta de las profundidades al efecto necesarias, en una parte no muy considerable de la longitud de la ría; además, las existentes para la navegación de 18 y medio piés, adolecen del defecto de ser poco permanentes, sufriendo variaciones en cierta medida, aun cuando se altere sólo ligeramente el estado de las aguas; y, por consiguiente y por decontado, las que se van á crear adolecerán del mismo defecto, si no se toman para evitarlo las precauciones necesarias. 2.º En la existencia de vueltas rápidas que, además de ser estorbosas y á veces peligrosas para la navegación, dan lugar al paso de la canal navegable de una á otra orilla, formando tramos de inflexión ó de *pasada,* de gran movilidad en su dirección y de notable variabilidad en su profundidad. 3.º En la escasez de anchura en algunos trozos de canal que son de difícil recorrido para los buques, y algún tanto peligrosos si en ellos ha de tener lugar el cruce de dos de gran porte.

Será, pues, el objeto de las obras que se van á estudiar, crear una nueva canal navegable exenta en lo posible de los defectos antes mencionados, á la que se ha de llegar por transformación de la actual, más ó menos lenta y gradual, ó más ó menos rápida y repentina, según sea la índole de las variaciones que deban introducirse en cada punto y lugar.

DATOS QUE HAY QUE TENER Á LA VISTA PARA PROYECTAR LAS OBRAS DE MEJORA.

Claro es también que, para proyectar las obras que han de transformar, como se necesita, la canal, han de tenerse á la vista el modo de ser del régimen de la corriente, prolijamente estudiado antes, y las enseñanzas experimentales y prácticas adquiridas en las importantes obras hasta la fecha ejecutadas.

ESTADO DE AGUAS QUE DEBE CONSIDERARSE PARA PROYECTAR LAS OBRAS DE MEJORA DE LA NAVEGACIÓN.

De cuanto se ha expuesto sobre el régimen del cauce del Guadalquivir se deduce claramente la consecuencia de que todas sus transformaciones y variaciones, así las definitivas como las accidentales importantes, se gobiernan por las avenidas ordinarias ó extraordinarias, teniendo las aguas en estado de estiaje una influencia sobre ellas apenas perceptible.

Esta afirmación fundamental obliga á considerar la corriente, á pesar de ser en estiaje una *ría* bien caracterizada, como si fuera un *río* caudaloso y torrencial de régimen anormal y sumamente variable, al tratar de estudiar las obras de mejora de la navegación que tiene lugar por su cauce menor.

PRINCIPIOS QUE DEBEN REGIR FUNDAMENTALMENTE LA REGULARIZACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DEL CAUCE.

Hay, pues, que olvidar, casi por completo, el cauce regular conoide, las influencias de la marea, los perfiles momentáneos, la determinación de la anchura de la boca marítima, y, en general, todo cuanto de un modo inconcuso y corriente se tiene admitido para mejorar las rías; tampoco pueden tenerse á la vista aquellos principios que todos los ingenieros aceptan para la regularización y mejora de los *ríos* navegables, más ó menos sujetos á avenidas, por no ser aplicables al excepcional caso del Guadalquivir; puesto que la corriente en estado de *río*, ó de avenidas, no es, ni puede ser, navegable, ni ofrece un régimen permanente, ni los sucesivos y variables estados de sus aguas reinan tiempo suficiente para que puedan ser considerados, ni la forma de las secciones transversales se presta á la aplicación de las fórmulas ordinarias, ni, por último, la corriente en avenidas tiene los caracteres de un río verdadero, pues en todas las crecidas hay una buena parte de longitud de cauce en que las aguas se remansan, otra parte en que la corriente principal se bifurca, y muchos trozos en que se subdivide y revesa, desapareciendo casi en absoluto aquella regularidad del movimiento de las aguas en que se funda la aplicación de las fórmulas de hidráulica y los principios en que se basa la mejora de los ríos navegables de carácter ordinario.

Así, en lugar de considerar, como en los casos de ríos navegables, las secciones transversales determinadas por el perímetro mojado y la dirección general del cauce que éstas forman, habrá aquí que tener en cuenta la parte de las secciones transversales del de avenidas que corresponda al cajero de altas aguas, limitado por las barrancas del de estiaje.

Del mismo modo no se deberán tomar como dirección, ni como forma horizontal del cauce que se debe mejorar, las del de avenidas, sino que debe considerarse solamente la dirección de aquella parte de éste que corresponde al cajero por donde discurren las aguas ordinarias.

DETERMINACIÓN DEL CAUCE QUE DEBE MEJORARSE ENTRE LOS QUE OCUPA LA CORRIENTE, SEGÚN EL ESTADO DE SUS AGUAS.

Pudiera, pues, decirse que el objeto de este proyecto era mejorar el cauce *fluvial* de avenidas, limitado por este cajero; y, expresándose así, se daría idea completamente exacta de la misión que le está encomendada.

Al llegar á este punto conviene definir qué es lo que se debe entender por cajero para los efectos de este proyecto. En lo sucesivo se aplicará esta palabra para indicar aquella parte de las secciones transversales del cauce de las grandes avenidas ordinarias ó de las pequeñas extraordinarias que en cada lugar tenga una anchura igual al de estiaje en pleas vivas, y una altura igual á la que tomen en cada punto aquellas avenidas que se consideren.

CONDICIONES GENERALES QUE DEBE REUNIR EL CAUCE MEJORADO.

Deberá, pues, tenerse á la vista, como objetivo de orden general que se debe perseguir con las obras, obtener, partiendo del cajero formado por las actuales barrancas, uno que, desde Sevilla hasta Tarfía, presente en todos sus puntos la anchura necesaria para que, en todas las secciones transversales, existan, cuando menos, las profundidades que requiere la permanencia de una navegación en pleas de un calado efectivo de 23 piés ingleses.

La variación de las anchuras de las sucesivas secciones transversales debe ser la que se necesite en cada una para asegurar la permanencia de una profundidad igual ó mayor que la exigida por la navegación.

La dirección general del cauce debe ser tan rectilínea como se pueda, admitiéndose solamente aquellas curvas de que sea difícil prescindir, y para esto han de tener un radio grande de curvatura, tratando de evitar cuanto sea posible la sucesión inmediata de dos de contrario sentido, sobre todo si son pequeños sus respectivos radios.

De la pendiente que debe presentar el lecho del nuevo cauce no hay, en realidad, por qué ocuparse, pues si su forma ha de ser lo más rectilínea posible, la pendiente general será también lo más grande posible; y si, además, las variaciones de las anchuras de las secciones transversales sucesivas son uniformes y sensiblemente proporcionales á la distancia que la separa, claro es que la pendiente general del lecho será también sensiblemente uniforme, por razón de ser socavable el fondo del cauce en toda la longitud de ría, encontrándose, además, formado por terrenos de arena fina y fangos de casi igual tamaño y composición.

El concepto de pendiente longitudinal del lecho se emplea aquí de un modo especial. Se quiere indicar la pendiente general de un tramo grande del cauce ó de éste entero; se trata de considerar el movimiento de primer orden de las variaciones del perfil longitudinal, prescindiendo de las subidas y bajadas que se presentan en las cotas próximas; porque estas variaciones están producidas en todos los casos, no por la velocidad media y general de las aguas, sino por accidentes locales que dependen, ó de obras ejecutadas, ó de la forma horizontal del cauce, ó de una falta de homogeneidad singular y accidental en la composición mineralógica del lecho.

PROCEDIMIENTOS QUE SE DEBEN EMPLEAR PARA ESTUDIAR Y OBTENER EL CAUCE MEJORADO.

Por consiguiente, en virtud de lo hasta aquí expuesto, será lógico emplear el siguiente procedimiento para estudiar y obtener el cauce mejorado en las condiciones generales que se acaban de indicar.

Habrá que determinar para cada una de las regiones en que deba dividirse, según el especial modo de ser del régimen de avenidas en cada región, el ancho de la sección transversal *tipo* que deba reinar en aquel tramo, para que, en toda su longitud, se obtengan permanentemente las profundidades que necesite la navegación de 23 piés de calado efectivo.

Después se corregirá la dirección general del cajero de avenidas, haciendo el trazado de su eje de tal modo, que las diferentes alineaciones sucesivas se conformen á las reglas enunciadas anteriormente.

Por último, se estudiará, dentro de cada trozo comprendido por dos secciones tipo, la variación de las sucesivas secciones transversales, con la condición de que el régimen de las velocidades en cada una sea el que convenga para la creación y permanencia de las profundidades que requiera la navegación, en una anchura de canal suficiente para que ésta se verifique con todo desahogo y comodidad.

Como la determinación de las secciones tipo no se puede llevar á cabo de otra manera que basándose en los resultados de la experiencia adquirida en el mismo río y en las obras hasta la fecha ejecutadas, resulta indispensable para elegirlas hacer previamente el estudio de cuáles hayan sido las profundidades creadas naturalmente por la corriente misma, y por las obras; cuáles hayan sido su permanencia, las anchuras en que han reinado, las que se deben considerar navegables, y qué procedimientos y qué tiempo se hayan empleado para llegar á cada una de las secciones transversales que sean objeto de este estudio.

§ II

Importancia y variación de las profundidades obtenidas por las obras ejecutadas en determinados lugares de la ría

Elección de las secciones en que deben estudiarse las variaciones de las profundidades obtenidas con las obras ejecutadas.

Como el objeto principal del examen que se va á hacer es, después de todo, adquirir datos para llegar á la determinación de las secciones tipo del cauce, mejorado en los distintos tramos en que se debe dividir el cauce del cajero de avenidas, se ha hecho la elección de las secciones transversales, que ahora se van á considerar, procurando que pertenezcan á tramos de dirección rectilínea ó de insignificante curvatura. Al mismo tiempo, se ha procurado tomar aquellas secciones de que se tiene mayor número de datos, dentro de la escasez que de ellos existe, y también se ha tenido en cuenta la necesidad de elegir secciones que hayan sido modificadas y transformadas por vía de estrechamiento y por procedimiento de ensanche.

Dentro de estos propósitos, se ha decidido estudiar las secciones transversales marcadas en el plano, hoja número 3, que se enumerarán en sentido de agua-arriba agua abajo, situadas en el tramo de Los Gordales, en el del Repudio y de la Isleta, modificadas por estrechamiento, y las de las cortas Merlina, Fernandina ó canal de San Fernando y de los Jerónimos, creadas por ensanchamiento.

Se recordará aquí, aunque es por demás sabido: 1.º Que en todos estos puntos se han ejecutado obras que pueden considerarse agrupadas en tres épocas distintas, antes de 1863, de 1868 y de 1901; y 2.º Que, en esencia, las obras en estas épocas ejecutadas han consistido en la provocación de accesiones en las márgenes por medio de plantaciones creadas al amparo del abrigo que proporcionaban diques y espigones de madera rolliza, rellenos de copas de árboles ó de mayor ó menor cantidad de faginas, y en la ejecución de dragados que tenían por objeto iniciar las profundidades que se querían obtener y mantenerlas con más ó menos permanencia, después de creadas. Este sistema de obras tenía por objeto modificar las secciones transversales por medio de estrechamientos.

Cuando se querían ensanchar las secciones, se iniciaban, con más ó menos intensidad, excavaciones á brazo y por medio de las dragas, encomendando á la acción de las velocidades los aumentos progresivos de su anchura y profundidad.

Sección de los Gordales.

La sección de Los Gordales, antes de 1863, tenía una anchura de 300 metros, una profundidad máxima de 2'68 metros, y una canal de 70'00 metros de anchura navegable con 2'48 metros á bajamar.

En 1867, prévia la ejecución de obras importantes de márgenes y dragados realizadas por el Sr. Pastor, el ancho se redujo á 250 metros, siendo, por desgracia, desconocida la profundidad navegable en aquel entonces, si bien con gran aproximación puede evaluarse en 3'60 metros á bajamar.

En 1901, con la instalación de algunas obras de márgenes y la ejecución de pequeños dragados, adelantando las tierras en la margen derecha y perdiendo algo en la izquierda, tenía el cajero, que siempre consideramos, una anchura de 180 metros.

Las profundidades á bajamar eran en 1897 de 5'30 metros máxima, y de 4'40 la navegable, habiendo así permanecido sin haber ejecutado dragados hasta el mes de Enero de 1900, en que ocurrió una avenida de carácter ordinario, quedando reducidas, respectivamente, á 4'40 y 3'10 metros. En la actualidad, la profundidad de la canal navegable es de 4'60, obtenida por medio de dragados y pequeño recrecimiento de las márgenes.

Es de advertir que, tanto la barranca de la orilla derecha como la de la izquierda, tienen una altura de agua en las avenidas máximas ordinarias, contada

desde la bajamar, de unos 3'50 metros, que debe considerarse pequeña para que las velocidades de las avenidas en esta sección, que desde luego resultan menores que las que se producen en los cajeros de otras secciones transversales, relativamente próximas, produzcan mayores efectos de socavación en el fondo.

También es digno de hacerse notar que en 1898 y 99 se hizo un estrechamiento en el cauce de estiaje de esta sección y tramo, de 8 ó 10 metros, que no bastó para impedir la pérdida de calado antes señalada, á pesar de que fué gradualmente aumentando el estrechamiento por el crecimiento de los depósitos que en las playas se produjeron.

Sección del Repudio.

La sección transversal del Repudio tenía en 1856 una anchura total de 470 metros, comprendiéndose en ella un islote que velaba en la plea mar. Este tramo presentaba en 1856 una profundidad de 1'64 metros, y en 1863 una profundidad de 1'12.

En 1867, después de ejecutadas obras de márgenes y dragados, la anchura de la sección transversal del cajero, á que siempre se refiere nuestro estudio, parece que era (pues sobre este particular los datos no son muy concretos), de unos 350 metros, y el calado disponible de 3'62 metros.

En 1900 la anchura entre barrancas bajas, no por excepción, sino por formación general de los terrenos de esta región, era de 220 metros, y la profundidad disponible de 4'30.

Antes de llegar á estas cotas, en 1897 se hicieron obras de márgenes, que iniciaron un estrechamiento del cauce de estiaje de unos 15 metros, y se ejecutaron obras de dragado, que crearon una profundidad de 4'40 metros, que se elevó á 4'85 en 1898, y que descendió á 4'60 y 4'40 en 1899 y 1900, respectivamente.

Resulta, pues, que, en el estado actual del cajero de avenidas, las profundidades navegables de esta sección se mantienen entre 4'30 y 4'50 metros, presentando tendencia á disminuir, á pesar de haber existido una avenida ordinaria en 1900, y de que el estrechamiento iniciado en el cauce de estiaje crece visiblemente por los depósitos que se obtienen entre los espigones, y por el rápido crecimiento de las plantaciones hechas en ellos.

Sección de la boca alta del brazo del Rosario.

En la sección transversal de la boca alta del antiguo brazo del Rosario, ó del bajo de la Isleta, el cajero de avenidas tenía en 1857 una anchura de 480 metros, conteniendo sobre la margen derecha un isletón de una anchura de más de 100 metros, que velaba poco en plea.

Habiendo ejecutado el Sr. Pastor obras de márgenes y obras de cerramiento de la desembocadura del brazo, creció rápidamente la margen en gran extensión, á pesar de lo cual la anchura del cajero en 1867 debe ser estimada en 380 metros. Las profundidades eran: en 1794, 1'47 metros; en 1856, 1'64; en 1863, antes del estrechamiento, 1'12; y en 1867, después de las obras, 3'62 metros.

Á partir de esta última época, se mantuvieron en la cota de 4'00 metros, hasta 1896, en que bajaron á 3'05 metros; en 1897, por medio de dragados, se elevó á 4'30 metros, ejecutando al mismo tiempo obras de márgenes en las dos orillas, que se continuaron en los años 98 y 99, hasta reducir la anchura del cajero de esta sección á 250 metros, y la del cauce de estiaje á 220. Las profundidades obtenidas, que hubo que conservar por importantes dragados de limpia, fueron: el 98, 4'40 metros, y el 99, 4'54 metros. La avenida de 1900 dejó reducidas estas profundidades, á pesar de los efectos de las obras de márgenes, á la cota de 3'35 metros; en la actualidad, la profundidad es de 4'30 metros.

Sección de la corta Merlina.

Hasta aquí hemos consignado los datos que se poseen sobre los resultados obtenidos por las obras ejecutadas en las secciones tipo, que han sido modificadas por vía de estrechamiento; siendo procedente ahora, por tanto, presentar los datos que se refieren á esta misma clase de secciones, obtenidas por procedimiento

de ensanche, ó de ejecución de cortas. Eran éstas, según se ha dicho antes, la de Merlina, la Fernandina y la de los Jerónimos.

Se abrió la corta Merlina, en 1795, con una anchura de 100 metros y 1 á 1'50 metros de profundidad á partir de la bajamar; son desconocidas las variaciones que experimentara en su anchura hasta el año 1857, en el que, según el proyecto del Sr. Corroza, tenía una anchura de 180'00 metros; en 1867 la ensanchó el Sr. Pastor, según su plano, hasta 195'00 metros; en 1897 tenía una de 200'00 metros.

En estas épocas fueron las profundidades como sigue: En 1857, 13'58 metros de profundidad máxima, reinando en 85'00 metros profundidades mayores de 6'18 metros; no se conocen las profundidades de 1867; en 1897, la máxima era de 7'00, y se presentaban mayores de 6'00 metros en una zona de 50'00 metros; es, pues, de toda evidencia que las pérdidas de profundidad son coincidentes con los aumentos de sección.

Sección de la Corta Fernandina.

La Corta Fernandina se abrió en 1816 con una anchura de 45 metros y una profundidad, á contar de la bajamar, de 1'02 metros. El Sr. Corroza consigna en su proyecto, fechado en 1857, la sección de la Corta de San Fernando, y, según éste, tenía el cajero una anchura de 105 metros; á la altura de bajamar existía una banqueta de unos 25 metros, y las profundidades á baja eran de 10'80 metros la máxima y 8'70 metros la navegable, que reinaba en todo el ancho de la canal de 85'00 metros. Son desconocidas las variaciones de anchura y profundidad de la corta desde 1857 hasta 1897; en este último año tenía 160'00 metros de anchura, y profundidades máximas de 10 á 11 metros, y navegables de 8 á 9 metros, ocupando estas últimas cotas una anchura de 56 metros y siendo la mínima del resto de la sección, hasta la orilla, de 4,00 metros; también con el aumento de anchura se han perdido aquí profundidades.

Es de advertir que la sección pertenece á una alineación de regular curvatura.

Sección de la Corta de los Jerónimos.

Tuvo lugar la primera iniciación de la Corta de los Jerónimos, en toda su longitud de 1.694 metros, el año 1860, con la apertura de un cauce de insignificantes dimensiones, que casi se aterró por desprendimientos en las márgenes; en 1879 se terminó la apertura de un nuevo cauce, primer ensanchamiento del primitivo, con 40 ó 45 metros de anchura y 3'00 metros de profundidad.

Las corrientes no produjeron efecto ninguno en este cauce; y tanto por esta razón, cuanto para satisfacer necesidades urgentes de navegación, se empezó en 1881, y se concluyó en 1888, un nuevo ensanchamiento de la corta, que quedó con una sección transversal trapecial, con taludes de uno por uno, con una anchura media de 104 metros y una profundidad, media también, de 5'60 metros. (Datos del acta de recepción).

Debe hacerse notar que la profundidad aprobada para este ensanchamiento, y que se trató de obtener con las obras, fué solamente de 3'90 metros; habrá, pues, que atribuir á efecto de las corrientes el exceso de profundidad de 1'70 metros que se encontró al tiempo de la recepción de las obras. Análoga observación debe hacerse en cuanto á los 4'00 metros de exceso de anchura que resultaron en la ejecución, pues fué aprobada solamente la de 100 metros, comprendida entre las márgenes, que debieron quedar verticales.

En 1897 (no existen datos anteriores á esta fecha), la Corta de los Jerónimos se encontraba como se indica en el plano, hoja número 3. La anchura entre barrancas varía entre 130 y 135 metros, la profundidad máxima es de 9 metros, y la general navegable que reina en toda la corta con gran uniformidad, en una anchura de unos 70 metros, es de 8'50 metros. Los taludes de las barrancas son verticales hasta la bajamar, y poco inclinados por debajo de ésta.

No existen datos que den idea de la marcha progresiva que han seguido estos aumentos de anchura y profundidad, ni, por tanto, se puede formar juicio de los resultados que hayan producido en la corta las corrientes de las aguas en

sus diferentes estados; sólo se puede deducir que, en un período de ocho años, la Corta de los Jerónimos ha ganado en anchura 31'00 metros, y en profundidad, 2'90 metros; aumentos éstos debidos exclusivamente á la acción de las velocidades.

Conviene dejar aquí consignado que los aterramientos crecen, en el antiguo cauce y torno que fué sustituído por la corta, con grandísima rapidez, y, á medida que la corta va separando, en la bifurcación de aguas arriba, mayor cantidad del caudal de la corriente.

Variaciones de las secciones transversales de la totalidad de la primera región de la ría.

Para acabar de formar idea de los resultados que han producido en todas las secciones del cauce las obras ejecutadas desde 1863 hasta la fecha, compárense los estados del río en 1857, tiempos del Sr. Corroza; en 1868, época del Sr. Pastor, y en la actualidad, que se representan respectivamente en los planos, anejos números 6 y 2, y en el plano del proyecto, hoja número 3.

Con los datos que proporciona la comparación de los planos que se acaban de citar, y con los que se contienen en el capítulo segundo, en que se hace la historia de las obras ejecutadas en las diferentes épocas, puede el lector formar juício exacto y sintético de los resultados obtenidos con las obras ejecutadas; teniendo, por otra parte, la seguridad de que las variaciones de las secciones transversales intermedias, en su anchura y profundidad, han sido análogas á las explicadas para las secciones tipo que se han considerado.

§ III

Determinación en las secciones tipo de las profundidades y anchuras del cauce que se proyecta

División del cauce en dos regiones.

La determinación de las anchuras y profundidades de las secciones transversales tipo, así como el estudio y realización de todas las obras que se han de ejecutar para mejorar la ría, exige la división de ésta en dos regiones. La primera comprendida entre Sevilla y la Horcada, y la segunda entre este último punto y Bonanza.

Dos órdenes de razones imponen esta división: el primero arranca de diferencias esenciales de régimen, ya expuestas en el capítulo sexto; y el segundo toma origen en la circunstancia capital para el estudio que ahora se va á hacer, que se funda en el hecho de que se hayan ejecutado obras importantes en la primera sección para su mejora, y que no se haya construído ni proyectado ninguna para la segunda.

Elección de las secciones tipo del cauce mejorado.

—

Primera región.— Sección tipo de Sevilla.

Además ha de hacerse en cada una de las regiones la elección de las secciones transversales que deben considerarse como secciones tipo, teniendo en cuenta su profundidad, las circunstancias de régimen, de forma y altura de las márgenes del cajero de avenidas y la dirección del tramo de cauce á que pertenezcan; así en la primera debe tomarse la de Sevilla (véase el plano, hoja número 3), que está situada al final del puerto; las barrancas del cajero son altas, están formadas por tierra vegetal, en la parte superior á las pleas, y en ella el régimen de avenidas se caracteriza por la estrechura relativa del cauce que éstas ocupan, que les obliga á tomar alturas considerables sobre el nivel de estiaje, produciéndose cierto régimen de velocidades que no es influído por la marea, ni en las avenidas ordinarias de pequeña importancia, ni menos en ninguna ordinaria ni extraordinaria.

En este trozo son mayores que en ningún otro de aguas abajo las pendientes del cauce y de la cara de avenidas.

Sección tipo de la Corta Merlina.

Otra sección tipo que debe ser considerada es la de la Corta Merlina, que pertenece á un tramo que pierde, con relación al anteriormente considerado, altura en las barrancas y pendiente en el lecho y en la cara de avenidas, que conserva la misma anchura del cauce de éstas, y cuyo régimen de

avenidas empieza á ser influído por las mareas, sobre todo, como es consiguiente, en las pequeñas crecidas ordinarias.

Sección tipo de la Corta Fernandina.

También es indispensable elegir para sección tipo la de la Corta Fernandina, por su profundidad (véase el plano, hoja número 3), y porque, además de cambiar en ella el régimen que hasta ahora ha venido reinando en la longitud de cauce anterior á esta sección, por pertenecer ya al ensanchamiento del cauce de avenidas (véase el plano, hoja número 2), de que se habló en el capítulo séptimo, al ocuparse del régimen dominante de la corriente del Guadalquivir, sobre ella se poseen datos referentes al resultado producido por la ejecución de las obras, que tienen importancia excepcional.

Sección tipo de la Corta de los Jerónimos.

Análoga consideración debe hacerse para fijarse en la sección tipo del tramo de la Corta de los Jerónimos, y además militan en favor de esta sección las razones que se basan en la disminución de altura de las barrancas, en el poco espesor relativo de la capa de tierra vegetal, en la carencia absoluta de importante vegetación en las márgenes, y en la mayor influencia en las velocidades de avenidas, del fenómeno de la marea, del viento, y, en general, de todos los agentes que pueden considerarse marítimos, y que contribuyen á crear el régimen definitivo de las crecidas

Sección tipo de La Lisa.

La sección transversal de la punta de La Lisa es la última de la región primera que debe considerarse, más que por otras causas, para tener un punto de arranque próximo al principio de la segunda región, que servirá para ligar el trazado de las márgenes en las dos.

Segunda región.—Secciones tipo de la Horcada, la Mata y Caño de Quero.

En la segunda región deben considerarse, por sus profundidades, las secciones de la Horcada, de la región de la punta de la Mata y de aguas abajo del Caño de Quero. (Véase el plano, hoja número 4.)

Las razones que se han tenido á la vista para elegirlas no se fundan en diferencias del régimen de avenidas en cada uno de los tramos, pues son muy semejantes los de todos ellos; consisten las diferencias únicamente en que, á medida que se consideran secciones más próximas al mar, aumentan las influencias de los agentes que tienen su origen en éste.

No se considerará ninguna sección transversal tipo situada más abajo de Caño de Quero, porque en este tramo no hay necesidad de introducir modificación ninguna importante en la canal navegable, pues reune, como se verá más adelante, cuantas condiciones pueden necesitarse por ahora para soportar la navegación que este proyecto se propone realizar con las obras que comprende.

Según se acaba de ver, la razón principal que se ha tenido presente para designar las secciones transversales que deben tomarse como tipo, al mejorar el cauce, para deducir las demás, ha sido la de que tengan profundidades de valor absoluto, suficientemente grande á primera vista, para permitir con desahogo la navegación de buques de 23 piés de calado efectivo. También se ha tratado de obtener con estas profundidades la garantía que puede ser indispensable para hacer permanentes las extrictas que necesite la navegación, procurando al mismo tiempo que unas y otras profundidades reinen en anchuras convenientes para producir una canal de latitud bastante grande para hacer fácil y desembarazada la navegación.

Procedimiento que debe adoptarse para determinar las profundidades del cauce que se proyecta

Puntualicemos, pues, las profundidades mínimas que de un modo permanente debe encontrar la navegación en cada una de las secciones tipo antes enumeradas, y, en general, en todas las secciones transversales del nuevo cauce comprendidas por aquéllas.

Profundidades que debe encontrar en su marcha un barco con 23 piés efectivos de calado.

Para lograr aquella puntualización, estudiemos la marcha y navegación de salida de un barco de 23 piés, teniendo en cuenta el estado de marea que debe encontrar en todo el trayecto de la ría desde Sevilla á Bonanza.

De este elemento no se puede prescindir, pues, comprendiéndose la carrera diurna de marea entre la mínima en Sevilla de 2‘05 metros, y la máxima en Bonanza de 3‘10 metros, influye de una manera notable en los calados que

puede encontrar un barco, y, por tanto, en los que han de crearse en los diferentes tramos de la ría.

Claro es que, el momento en que los buques pasan por todos los lugares, momento que depende de su velocidad y de la hora de salida, también influye, con igual intensidad que el estado de marea, en el valor absoluto de las profundidades que necesitan para navegar, contadas desde la baja.

Habrá, pues, que combinar estos dos elementos de la manera que sea más favorable para que las dificultades con que haya que luchar para obtener las profundidades sean las menores posibles.

Se realiza este propósito haciendo que los buques pasen por las regiones de la ría que presentan fondos más escasos, cuando éstos se encuentren en los estados de marea próximos á la plea; pudiéndose también imponer á los barcos el fondeo en lugares convenientes el tiempo necesario para aguardar que se produzca, en los tramos de más aguas abajo, el estado de marea favorable á su paso; siempre con objeto de disminuir la entidad de las obras á ejecutar para crear profundidades, reduciendo su importancia de un modo prudente hasta hacerla manejable.

El estudio de esta cuestión se ha representado gráficamente en el anejo número 1 de esta Memoria, que contiene el perfil longitudinal de la ría y las alturas de marea que encontrarían los barcos navegando de tres maneras distintas.

PRIMERA HIPÓTESIS DE NAVEGACIÓN.

En la primera, que se dibuja con trazos azules, se supone que salen los buques de Sevilla en la pleamar con objeto de aprovechar este estado de la marea en la región alta de más escasas profundidades, navegando el de bajamar en el trozo de la Corta de los Jerónimos, que se encuentra en el tramo que las presenta mayores, y el de pleamar otra vez, entre el Puntal y Bonanza, en donde existen también altos fondos.

La profundidad que se supone que necesita un barco para navegar es la de su calado efectivo, 23 piés ingleses, igual á 7'015 metros, más 1 pie y 6 pulgadas, equivalente á 0'457 metros, que suman en números redondos 7'50 metros (24 piés y 8 pulgadas), con lo cual se tiene también en cuenta una parte del aumento de calado que para la misma carga presentan los buques en la ría por razón de la diferencia de densidades entre sus aguas y las del mar.

Para obtener, pues, las diferentes profundidades necesarias en cada lugar para el paso de los buques, en las distintas situaciones de marea que se dibujan en el perfil, no habrá más que tirar una paralela, distante 7'50 metros de la línea que representa los estados de ésta al pasar el buque por todos los puntos de la ría; así se ha hecho en el gráfico, dibujando con azul la que pertenece á la primera hipótesis de navegación que consideramos.

Examinando los volúmenes que hay que hacer desaparecer del fondo del cauce, limitados por esta última línea, lugar geométrico de las profundidades necesarias para la navegación, se observa que son enormes en toda la longitud de la ría, lo mismo en la primera sección, comprendida entre Sevilla y la Horcada, que en la segunda, comprendida entre este punto y Bonanza.

SEGUNDA HIPÓTESIS DE NAVEGACIÓN.

Para evitar este inconveniente se ocurre inmediatamente la idea de modificar la marcha del barco considerada en la hipótesis anterior, disponiéndola de modo que pase en pleamar por los tramos de Coria á la Isleta, con el fin de lograr que la región de bajos fondos sea atravesada, en casi toda su longitud, con estados de marea próximos á la plea; y esta es la segunda hipótesis, dibujada de carmín con línea de trazos en el gráfico.

El buque debe salir de Sevilla dos ó tres horas antes de la plea, navegando, por tanto, con creciente hasta Coria, donde encuentra la estoa de esta fase; sigue con vaciante hasta el Puntal, donde llega á la baja, y, con marea creciente recala en Bonanza con tiempo sobrado para salir á la mar sin necesidad de aguardar nueva marea.

Con esta solución se han disminuído notablemente, como se observa en el gráfico, las profundidades necesarias en el tramo comprendido entre Sevilla y la punta de la Mata, pero se han aumentado de un modo extraordinario entre este último punto y el Puntal, por la escasez de fondos que existe en toda la región, principalmente en el isletón y bajo de Tarfía.

TERCERA HIPÓTESIS DE NAVEGACIÓN.

La tercera solución, que se dibuja con línea carmín llena, se dirige á disminuir, cuanto es posible, las profundidades y las obras, lo mismo en la primera región que en la segunda, y representa, además, la navegación que se hace hoy con los barcos de un calado de 18 piés y 6 pulgadas.

Resulta, de la modificación de la segunda hipótesis, que se aprovecha hasta la punta de la Mata, en donde se detienen los barcos, fondeando en estas aguas, que reunen todas las condiciones necesarias al efecto, permaneciendo de esta suerte unas tres horas, tiempo que se necesita transcurra para que llegue la baja y el primer tercio de creciente, en el que zarpan de nuevo, encontrando estados de marea creciente hasta Bonanza, á donde llegan con tiempo escaso para salir á la mar.

Inconveniente este último de existencia más aparente que real, como se demostrará en lugar oportuno.

Por consiguiente, para este estudio, y bajo la reserva que se ha hecho antes de demostrar más adelante, que en cierto modo se ha previsto, la evitación del inconveniente de perder la marea de salida al mar, se admitirá por ahora, para determinar las profundidades mínimas ó extrictas de las secciones del cauce mejorado, que los barcos han de hacer la navegación de la tercera hipótesis, debiendo encontrar, respectivamente, en todos los puntos de la ría, los fondos disponibles que resultan del gráfico.

PROFUNDIDADES QUE DEBEN EXISTIR EN LAS SECCIONES TIPO DEL CAUCE MEJORADO.

Este enseña las profundidades contadas desde la bajamar, y también las profundidades contadas desde los planos de comparación; y para lo sucesivo, como de unas y otras hemos de hacer uso, según convenga en cada momento á la claridad de lo que se exponga, con el fin de distinguirlas fácilmente, se subrayarán las que se refieran á la bajamar, é irán sin indicación alguna las que se refieran á los planos de comparación, que son las que aparecen en las curvas de nivel de las hojas de planos del proyecto.

Y aunque en estas últimas se indica cuáles son los planos de comparación adoptados, se hará aquí presente que se han tomado tres distintos: el primero, que sirve desde Sevilla hasta la punta de la Horcada, primera región en que se ha dividido la ría, está un metro más bajo que el cero del Instituto Geográfico; el segundo, que se ha adoptado para la región segunda, desde la Horcada á Bonanza, un metro más bajo que el anterior, ó dos, bajo el cero del Instituto; y el tercero, que sirve en la región marítima desde Bonanza al mar libre, baja un metro del anterior y tres del cero del Instituto.

De suerte que, según indica el gráfico, las profundidades extrictas que necesita la navegación de 23 piés de calado efectivo, con pie y medio de garantía, en todas las secciones tipo, serán las que se indican en el siguiente estado, que, además, contiene las profundidades que actualmente existen en todas ellas y las anchuras que presentan en el cajero de avenidas.

	Profundidades extrictas que necesita la navegación de 23 piés.	Profundidades existentes.	Anchuras del cajero de avenidas.
	Metros.	*Metros.*	*Metros.*
Sevilla. (Boca del Puerto). . . .	6'50	6'70	140'00
Corta Merlina.	5'60	7'20	190'00
Corta Fernandina.	5'70	8'00	190'00
Corta de los Jerónimos.	6'10	8'80	130'00
La Lisa.	6'30	8'30	300'00
La Horcada.	6'30	7'30	380'00
La Mata.	6'60	7'50	390'00
Caño de Quero.	6'00	7'00	420'00

En el fondeadero del puerto, en el de la Mata y en el de Bonanza, las profundidades extrictás deben ser de 7'50 metros. En el primero la profundidad existente es de 6'70 metros; en los de la Mata y Bonanza las profundidades son mayores de 8'00 metros.

Si se comparan en cada sección las profundidades existentes con las extrictas, se observará que las primeras son sensiblemente mayores que las segundas, siendo las diferencias menores, exceptuando la sección de Sevilla, de noventa centímetros á un metro, que representan el exceso de garantía, destinado á anular las diminuciones de profundidad, debidas á los pequeños aterramientos que suelen provocar en el cauce de la ría del Guadalquivr las pequeñas avenidas, las altas aguas extraordinarias de estiaje y las grandes mareas extraordinarias.

Es de notar que este exceso de profundidad es independiente de aquel de que deben disponer los buques para gobernar en buenas condiciones, que fué estimado en lugar oportuno en una altura de agua, bajo la quilla, de unos cincuenta centímetros, y que, unido al exceso de profundidad que presentan las secciones tipo, proporciona, próximamente, metro y medio de profundidad como garantía total de la conservación de los fondos que en todas las secciones tipo necesita la navegación de 23 piés, influyendo también en las anchuras de canal navegable, en el sentido de aumentar la latitud disponible en cada sección tipo. El exceso de profundidad de metro y medio, tiene, además, la ventaja de que hace posible, en la mayor parte de los casos, la navegación de 23 piés, lo mismo en las mareas vivas que hemos considerado en el gráfico, que en las muertas que no han sido representadas en él.

La latitud de la sección de la Horcada (hoja número 4) debe determinarse en vista del régimen especial de la confluencia del brazo del Este con el cauce principal que se va á indicar inmediatamente.

Las aguas del brazo del Este penetran en el cauce principal en una dirección perpendicular al último.

Animadas de grandes velocidades por la estrechura del trozo del brazo en la confluencia, detienen y represan las aguas del cauce principal que corresponden á la mitad de este cauce, contiguo á su orilla izquierda.

Habrá, pues, en esta orilla diferencias grandes de velocidades y de niveles piezométricos entre las aguas del cauce y las próximas del brazo, fenómeno que da lugar, como es sabido, á movimientos desviatorios de los filetes líquidos del brazo, que penetrarán en las aguas del cauce principal, originando revesas de corriente, cuyas velocidades se aminoran primero, y después se anulan en las aguas represadas del cauce de la ría.

Por consiguiente, en la orilla izquierda de este cauce, desde la punta que forman las márgenes hacia aguas arriba, existirá una región de notable aterramiento, debido, en primer lugar, á la disminución de velocidades producida por la represa antes mencionada; y en segundo término, á la anulación de las velocidades de los movimientos desviatorios y de revesa de las aguas, que, partiendo del brazo secundario, ingresan en el cauce de la ría.

El bajo que se forme estará, pues, contra la margen izquierda, será de forma alargada, y la mayor altura de los aterramientos corresponderá á las proximidades de la confluencia.

El segundo efecto, que tiene lugar en las aguas del brazo mismo, consiste en el estrechamiento que sufren sus zonas de máximas velocidades al componerse éstas con las del cauce principal, lo cual da lugar, por un lado, á aumento del valor absoluto de las del caño, y por otro á la formación de vórtices de gran velocidad; ambos fenómenos, que originan incrementos en las velocidades, producen socavaciones de importancia, que, además, se exageran por el estrechamiento que hoy presenta la sección inmediatamente siguiente á la de confluencia.

El playazo que se observa en la punta redondeada que forma las márgenes de la izquierda de las dos corrientes, es debida á la convexidad violenta que presenta esta misma punta.

De aquí se deduce:

Primero.—Que la sección tipo anterior á la Horcada no debe sufrir un gran estrechamiento, puesto que no motiva la bajería existente en ella; pero conviene estrecharla algo, ya porque ha de influir, aminorándolo, el ensanchamiento indispensable de las secciones estrechas inmediatas á la confluencia, ya porque, de este modo, se obtendrá en esta sección transversal aquel aumento de velocidades que conviene conseguir para disminuir la anchura del bajo y aumentar los fondos en ella existentes.

Y segundo.—Que es indispensable modificar la manera de entrar el brazo del Este en el cauce principal, procurando que la zona de máximas velocidades de este brazo encuentre, en una dirección suave y tangencial, las velocidades del cauce principal.

Por todas estas razones fijaremos en 300 metros la anchura de la sección tipo de la Horcada, disminuyendo en 100 la que actualmente presenta.

Anchuras en que deben reinar las profundidades necesarias para la navegación en el cauce mejorado.

Antes de concluir con lo relativo á la determinación de las anchuras y profundidades de las secciones tipo del cauce mejorado, conviene aclarar el concepto de profundidades navegables que con frecuencia hemos empleado en este estudio, al hacer la elección de las profundidades necesarias para la navegación en las distintas secciones. El valor absoluto de éstas se ha presentado de un modo concreto; lo que falta por determinar y definir es lo relativo á la anchura del lecho en que deben existir para que sea fácil y desahogada la navegación.

Según á primera vista se puede colegir, teniendo en cuenta las enseñanzas proporcionadas por la práctica y la opinión, sancionada por la Superioridad de la Comisión de Ingenieros y Marinos que intervinieron en la anchura con que se debía dejar la Corta de los Jerónimos, al tratar de ejecutarla, se necesita disponer en la ría del Guadalquivir de una canal navegable que presente una latitud de 70 á 80 metros.

En cuanto antecede hemos considerado, pues, que los fondos que hemos calificado de navegables tenían la profundidad necesaria, en una anchura mayor de 30 metros; y para lo sucesivo, y al tratar de crear la nueva canal, mejora de la actual, al hablar de fondos navegables, consideraremos que los que en cada caso lo sean deben reinar en una anchura de 80'00 metros.

§ IV

Anchuras de las secciones comprendidas entre dos secciones transversales tipo, consecutivas

Variación de las anchuras de las secciones comprendidas por dos secciones tipo, según la dirección del cauce en los puntos á que pertenecen.

Se han elegido las secciones transversales tipo, con la condición de que en cada una se obtengan y se mantengan ciertas profundidades en una zona de anchura navegable; también se tuvo presente, al elegirlas, otra condición, que fué la de que pertenecieran á tramos sensiblemente rectos, es decir, que debían encontrarse en aquellos trozos de cauce que carecieran, en lo posible, de toda irregularidad, y que no estuvieran influídos, en cuanto al valor absoluto y en cuanto á la variación de las profundidades, en cada sección transversal, por ninguna causa proveniente de la dirección horizontal del cauce que, como es sabido, ocasiona siempre, en toda sección que se encuentra en esta condición, el aporte de influencias que pertenecen á las secciones anteriores y, á veces, á las subsiguientes á ellas.

En realidad de verdad, esto sucede también en los tramos rectos de sección próximamente uniforme y de cauce homogéneo, pero en ellos se puede prescindir del fenómeno y de sus influencias, pues las que recibe y engendra cada sección transversal, de la anterior y para la siguiente, son exactamente iguales á la que es propia y característica de esta última.

Si, pues, el cauce del Guadalquivir fuera rectilíneo, todo lo que habría que hacer para obtener las anchuras de las secciones comprendidas entre cada dos secciones tipo, sería unir los extremos de dos de estas consecutivas que, según el modo con que fueron elegidas, no pueden menos de comprender un tramo de régimen homogéneo; estas líneas determinarían las latitudes de las secciones transversales situadas entre las dos secciones tipo.

Pero la corriente del Guadalquivir, si bien tiene la ventaja, no despreciable para nuestro estudio, de discurrir por un lecho y cajero de avenidas de composición mineralógica bastante uniforme para asegurar la obtención en cada sección transversal de la profundidad que corresponda á su anchura respectiva, análoga á la de la sección tipo, forma un cauce de dirección irregular, más movida y caprichosa que la que afectan la mayoría de las rías navegables.

Habrá, pues, que estudiar, con alguna prolijidad, las anchuras de las secciones transversales, comprendidas entre dos secciones tipo, teniendo en cuenta todos los casos que puedan presentarse en las variaciones de dirección del cajero del cauce en general.

Consideraremos las vueltas violentas, ó sea las alineaciones curvas de pequeño radio, las vueltas suaves ó alineaciones curvas de gran radio, la unión de una vuelta con dos tramos rectos tangentes, las pasadas ó tramos de inflexión que existen entre dos vueltas violentas de sentido contrario, y las pasadas ó inflexiones pertenecientes á vueltas ó curvas de gran radio, y, además, la causa de irregularidad, independiente si se quiere de la dirección horizontal del eje del cauce, debida á aquellas variaciones de las anchuras de las secciones transversales que conducen á la existencia en un tramo de secciones de grande anchura, precedidas, seguidas y comprendidas por otras de pequeña latitud.

Régimen especial de los tramos de violenta curvatura.

Sabido es que el movimiento de las aguas en las alineaciones curvas se caracteriza por los hechos siguientes: 1.° La zona de máximas velocidades se acerca á la margen cóncava y se separa de la convexa. 2.° Esta misma zona sigue, una vez en contacto con la margen cóncava, que debe considerarse como su directriz, una marcha paralela á ella, adquiriendo en cada elemento de su trayectoria una curvatura que depende de la que corresponde en la margen

cóncava al punto en que se encuentra, modificada por las influencias que arrastra de los elementos próximamente anteriores. Si, pues, se quiere evitar en lo posible movimientos tumultuosos y velocidades irregulares, será preciso que las sucesivas curvaturas de la margen directriz varíen con continuidad y en la forma adecuada para conseguir este efecto. 3.º Las máximas velocidades llegan por aguas arriba á la margen cóncava, y la abandonan por aguas abajo, una vez rebasada la vuelta, con mayor ó menor rapidez, ó sea en una longitud mayor ó menor de cauce, en los dos casos, según la violencia de la curva, que depende del ángulo que forma el elemento ó alineación recta de aguas arriba con el elemento ó alineación recta de aguas abajo, en que la curva es tangente; y crece la rapidez del paso de una á otra margen, ó bien disminuye la longitud de cauce en que éste se verifica, cuando disminuye el ángulo, y al contrario. 4.º La forma de la margen convexa no tiene influencia alguna directa en la trayectoria de las zonas de máximas velocidades, quedando su papel reducido á limitar la zona de cauce en que reinan pequeñas velocidades de dirección igual ó contraria á la de la corriente general. 5.º Las diferencias entre los valores absolutos de las velocidades que existen en las zonas en que son máximas, y en las que son mínimas, y que no son otra cosa que diferencias de niveles piezométricos en las dos zonas, engendran movimientos desviatorios con velocidades de direcciones curvas y de valor absoluto decreciente, que van de la zona de máximas á la de mínimas, y que, sumándose y componiéndose, llegan á producir: primero, revesones, ó sea movimientos desviatorios de gran tamaño; y después, revesas, ó sea corrientes de dirección contraria á la principal y de mucha menor intensidad; existiendo los pequeños movimientos desviatorios cerca de la zona inmediata á la de máximas velocidades, los revesones en una superficie contigua á la de éstos, del lado de la margen cóncava, y la revesa en la zona que queda hasta el pie de esta misma margen.

La zona de máximas velocidades, en su contacto con la margen cóncava, ocasiona también vórtices y remolinos tumultuosos cuando las velocidades encuentran á esta margen en una dirección muy oblícua, ó cuando la curvatura cambia de un modo rápido ó discontínuo; los valores absolutos de estas velocidades se anulan por choque contra la margen cóncava y contra sus fondos próximos.

Esto sentado, como quiera que las socavaciones ó depósitos se gobiernan, en una misma clase de terreno, por los valores de las velocidades y por su variación, resulta evidente que en los tramos curvos la zona de mayor profundidad, ó sea la canal, se acerca á la margen cóncava y se separa de la margen convexa. Las profundidades excepcionales é irregulares se encontrarán al pié de la margen cóncava, y las mayores, menos irregulares, estarán en la zona del vértice de la curva, hallándose el punto de mayor curvatura de la zona de más grandes velocidades y de más grandes profundidades, que pudiéramos llamar vértice hidráulico, más agua abajo del vértice de la curva de la margen; y la separación de los dos vértices se motiva por la ley que podemos llamar del *retraso,* que, por virtud de las fuerzas vivas, prolonga las influencias de las secciones más allá del lugar en que éstas se encuentran; las mayores profundidades van decreciendo y haciéndose más uniformes, reinando en zonas más grandes, á medida que van disminuyendo, extendiéndose más hacia aguas abajo que hacia aguas arriba de aquel vértice en que son las máximas; la canal se hace más estrecha aguas abajo del vértice geométrico de la margen en las inmediaciones del vértice hidráulico ó de socavaciones máximas, por lo mismo que éstas son considerables en este lugar; las profundidades medias aparecen y reinan en extensiones ya considerables y mucho mayores que la que ocupan las grandes, en zonas por aguas arriba y aguas abajo, contiguas á las grandes profundidades, prolongándose más en este último sentido hasta que, al abandonar la margen cóncava, se confunden con las generales y ordinarias del tramo que siga á la curva que se considere; al perder

lentamente su velocidad, los movimientos desviatorios, los revesones y las revesas, pérdida que es inevitable porque, por un lado, al seguir opuesta dirección al de la corriente principal, tiene que pasar indefectiblemente por cero su valor absoluto y, por otro, porque la corriente revesa necesariamente y al fin se ha de anular dentro del tramo curvo, depositando las materias que tienen en suspensión, ocasionando del lado de la margen convexa un aterramiento, cuya forma en planta y cuyo relieve en altura recordará la variación de las velocidades que lo forman; en planta quedará limitado por la margen convexa y por las zonas de máximas velocidades; la altura general dependerá de la distancia que medie entre la margen cóncava y la convexa, y las alturas en cada lugar serán máximas al pié de la margen, decrecientes hacia la canal y mínimas en las proximidades de ésta, afectando en planta una forma semejante á la de la margen cóncava, coincidiendo la línea que lo separa de la canal con el borde de la zona de máximas velocidades pertenecientes al lado de esta margen.

Es de advertir que, en el caso del Guadalquivir, estos depósitos juegan un papel muy importante; porque, efectuándose durante las avenidas, al descender las aguas y recobrar su nivel ordinario, no solamente subsisten, sino que se acrecen visiblemente, presentándose muy frecuentemente el caso de que estos aterramientos aminoren gravemente la latitud de la canal navegable que queda en el cauce de estiaje.

Variación de las anchuras de las secciones transversales, pertenecientes á tramos de violenta curvatura.

De cuanto se acaba de exponer sobre el régimen especial de las curvas violentas, lógicamente se deduce que las anchuras de sus secciones transversales no deben deducirse con el fin de aumentar las velocidades, ni persiguiendo el objeto de crear y mantener las profundidades que requiere la navegación, iguales á las de las secciones tipo que comprenden la curva violenta que se considera; más bien deben tenerse presente, para determinar la anchura de las secciones de los tramos de gran curvatura, los aterramientos que se forman del lado de la margen convexa, y, sin duda alguna, convendrá proporcionar á éstos la superficie suficiente para que se depositen, sin tomar grandes alturas, impidiéndose de esta suerte la pérdida de fondo y el estrechamiento de la canal navegable, que indudablemente tienden á producir estos aterramientos.

Por consiguiente, las secciones todas de los tramos curvos deberán ser, en general, más anchas que las secciones tipo que las comprenden, y su latitud deberá ser máxima en el vértice de socavación y en sus inmediaciones, decreciendo, á partir de este punto, en sentido de aguas arriba y aguas abajo.

El exceso de anchura de la sección del vértice sobre la sección tipo deberá aumentar con la violencia de la curva, y el tanto en que debe decrecer este ancho, hasta adquirir el de la sección normal, aumentará también con la curvatura de la vuelta.

Para fijar el ancho de la sección transversal correspondiente al vértice de las curvas, ó, lo que es lo mismo, para deducir cuál sea el exceso de anchura que deben presentar sobre los tramos rectos, que le anteceden ó siguen, no se puede proceder de otra suerte que por datos y caminos de experimentación.

Cuando se tenga idea de la importancia de los aterramientos que el variable régimen del Guadalquivir ocasiona en definitiva en los vértices de varios tramos curvos; cuando se conozca algo de los resultados que han producido las anchuras de las secciones adoptadas ya, entonces, por comparativa intuición, como se ha hecho para elegir las anchuras en las secciones tipo, se podrán fijar las latitudes de las secciones del vértice de los tramos curvos, aunque sea razonando imperfectamente su procedencia; pero en el estado en que la cuestión se encuentra, con desconocimiento absoluto de aquellos datos experimentales, sólo queda la intuición, basada en la consideración del volumen que ahora presentan los aterramien-

tos en la margen convexa de cada una de las curvas, y en el conocimiento de las pocas variaciones que han sufrido estos aterramientos en el período de seis años, en que han podido ser considerados por el autor del proyecto. Al tratar del detalle del trazado de las márgenes, los encontrará el lector determinados de esta suerte para cada uno de los tramos curvos.

Consecuencias que se deducen del régimen de las aguas en las curvas violentas sobre el modo de mejorar la dirección general del cauce.

De este estudio sobre el régimen de las vueltas violentas se sacan dos consecuencias importantes, que, aunque no influyan directamente en las anchuras de las secciones transversales, encontrarán aplicación más adelante, al tratar de la mejora de la dirección del cauce. Es la primera y más importante, que la curva de la margen cóncava debe ser regular, simétrica, con relación á su vértice, y sus curvaturas sucesivas han de variar gradualmente, creciendo y decreciendo á partir de aquel vértice, con variación pequeña y constante; es decir, que las curvas de las márgenes cóncavas han de ser parábolas de segundo grado, tangentes á las alineaciones rectas ó á los elementos rectos que comprenden el tramo curvo.

La margen convexa debe afectar una forma circular, ó que no debe diferir mucho de ella, por ser la más apropiada para proporcionar, con la margen cóncava, secciones transversales cuyas anchuras son las mayores dentro de la condición inevitable de que han de variar de una manera continua y regular.

Este trazado de las márgenes cóncava y convexa tiene la ventaja, al producir una canal de anchura sensiblemente uniforme y de forma parabólica, por demás apropiada al paso de los barcos, de obligarles á recorrerla gobernando con el timón en el mismo sentido y de una manera continua y progresiva, adaptándose, de este modo, á la sucesiva variación de curvaturas que afecta la zona de fondos navegables.

Es la otra consecuencia, cuya procedencia salta inmediatamente á la vista, la de que conviene, en cuanto sea posible, disminuir la violencia de las curvas, ó, lo que es lo mismo, aumentar el ángulo de sus tangentes, con el fin de hacer menores el estrechamiento de la zona de máximas velocidades y de máximas profundidades, el volumen de los aterramientos que tienen lugar sobre la margen convexa, los movimientos tumultuosos sobre la cóncava, y en general, todas las irregularidades que hemos visto presenta el régimen de las vueltas, que dependen de su violencia ó de su curvatura.

Es evidente que la navegación gana mucho en facilidad con la disminución del radio de curvatura de las vueltas.

Régimen de las aguas en los tramos de poca curvatura.

El régimen de las vueltas ó tramos curvos suaves, ó de gran radio, es el mismo que el deducido para las vueltas violentas, que no hay por qué repetir aquí.

Las diferencias entre uno y otro consisten en la menor intensidad de los fenómenos de irregularidad que prolijamente se han señalado.

La influencia en los fondos, el régimen de éstos, las socavaciones, las profundidades, su distribución, los depósitos, su forma y la manera de producirse, son iguales á los que tienen lugar en las vueltas violentas. Varían solamente la entidad, cuantía é importancia de todos estos elementos del régimen, que, naturalmente, disminuyen con la violencia de la curva, llegando á desaparecer en absoluto cuando, creciendo el radio de curvatura, la alineación curva se convierte en recta.

Variación de anchura de las secciones transversales pertenecientes á tramos de poca curvatura.

Por consiguiente, el exceso de anchura de la sección del vértice sobre las secciones tipo de los tramos rectos, que comprenden la curva poco violenta, será menor que para la vuelta más violenta; pero la ley de variación de estas anchuras, engendradas por el trazado de las curvas de las dos márgenes, y las posiciones relativas de éstas, que dan las anchuras de las secciones transversales del tramo de poca curvatura, serán las mismas que las explicadas antes para las vueltas violentas.

Régimen de los tramos de tangencia de

En los trozos de cauce en que un tramo recto precede ó sigue á una curva, el régimen ó movimiento de sus aguas se produce por la combinación

que se va á estudiar de las respectivas influencias dominantes en la alineación recta y en la curva subsiguiente ó precedente.

UNA ALINEACIÓN RECTA Y OTRA CURVA.

Considerando el primer caso, es fácil comprender que, por razón de las fuerzas vivas, ó de la ley del retardo, las primeras secciones transversales de la curva recibirán influencias de las próximas del tramo recto, de lo que resultará tendencia á disminuir en ellas los efectos del régimen propio de las curvas. Por consiguiente, la zona de máximas velocidades tardará más en acercarse á la margen cóncava y en separarse de la convexa; se estrechará menos, ensanchándose menos también la zona de máximas velocidades; disminuirá en estas secciones el valor absoluto de las velocidades y de las profundidades con relación á los que alcanzan estos elementos en las secciones transversales siguientes del tramo curvo; disminuirán los depósitos, y, en una palabra, las influencias propias del tramo recto penetrarán en una cierta parte de la longitud del tramo curvo, contrariando el régimen propio de éste, aminorando las irregularidades que le son características.

Se extenderá la influencia del tramo recto en una parte mayor ó menor de la longitud del tramo curvo, según la menor ó mayor curvatura de este tramo, pues es de toda evidencia que cuanto menores sean las irregularidades que hay que vencer en el tramo curvo, tanto más dominará dentro de él la regularidad propia del régimen y movimiento de las aguas del tramo recto.

De la misma manera, todo tramo curvo que preceda á uno recto mete dentro de las primeras secciones de él las irregularidades propias de su régimen, extendiendo su influencia á mayor ó menor longitud del tramo recto, según sea mayor ó menor la curvatura de la vuelta.

Es muy importante advertir y hacer constar que en los tramos rectos las dos márgenes son directrices de la zona de máxima velocidad; pero en los trozos de cauce sometidos á influencias del régimen de ambos tramos, cuando el recto precede al curvo, una parte de la margen recta, tangente á la curva convexa, contribuye á la dirección de la zona de máximas velocidades dentro del tramo curvo; y cuando el curvo precede al recto, una parte de la margen recta, inmediatamente siguiente á la margen cóncava, deja de ser directriz de las velocidades que reinan en las primeras secciones transversales.

VARIACIÓN DE ANCHURA DE LAS SECCIONES PERTENECIENTES Á LOS TRAMOS DE TANGENCIA DE UNA ALINEACIÓN RECTA Y OTRA CURVA.

De cuanto se ha expuesto sobre las características del movimiento y régimen de las aguas en las tangencias de los tramos rectos y curvos, se deduce que las anchuras de las secciones transversales deben determinarse conservando la latitud del tramo recto que precede al curvo, dentro de la longitud de éste, influída por aquél, y que las últimas anchuras del tramo curvo que precede al recto deben mantenerse dentro de éste en aquella parte de su longitud en que penetran las influencias del primero.

Para realizar en lo esencial estas penetraciones, no debe alterarse la margen cóncava, principal directriz de la zona de máximas velocidades en el conjunto del tramo curvo y de sus longitudes de tangencia; conviene, por el contrario, modificar el trazado de la margen convexa, corriendo los dos puntos de tangencia en el sentido de aguas abajo, con relación á los de la margen cóncava, menos el de aguas arriba y más el de aguas abajo, hasta llegar con los dos á la sección transversal en que se crea van á desaparecer las influencias de la alineación del tramo respectivamente anterior.

Como quiera que toda alineación curva ha de quedar, en general, comprendida por dos alineaciones rectas, en el trazado de su margen convexa habrá que hacer los corrimientos de los puntos de tangencia que se acaban de indicar, si las irregularidades que existen en los tramos de tangencia, que dependen de la mayor ó menor violencia de la curva, merecen la pena, en la práctica, de tomar esta precaución.

RÉGIMEN DE LOS TRAMOS DE INFLEXIÓN PRO-

En las pasadas ó tramos de inflexión, comprendidos entre dos curvas de contrario sentido, el régimen, por demás complicado y variable, resulta de la

DUCIDA POR LA SUCESIÓN DE DOS ALINEACIONES CURVAS DE SENTIDO CONTRARIO.

combinación de las influencias del tramo curvo de aguas arriba, que acaba, con las influencias del tramo curvo siguiente, que empieza.

La zona de máximas velocidades del tramo de aguas arriba se prolonga más allá del punto de inflexión, anulándose una parte de ellas en la zona de mínimas velocidades del tramo siguiente. La de mínimas velocidades del de aguas arriba, penetra también en la zona de máximas del de aguas abajo, disminuyendo los valores de estas últimas; ambas penetraciones conducen, pues, á una aminoración de las velocidades en las dos orillas, siendo mayor la que experimenta el tramo curvo de aguas abajo, en la parte cóncava, que las que sufre el mismo tramo en la margen convexa; estas dos partes de márgenes se encuentran situadas, por de contado, inmediatamente después de la sección transversal á que pertenecen los puntos de inflexión.

La mitad del tramo curvo de aguas abajo, que sigue á la sección transversal del vértice, queda libre de toda ingerencia y perturbación debidas al tramo anterior.

En virtud de las disminuciones de velocidades que, á partir de la sección transversal de la inflexión, existen en la parte del tramo curvo contigua á ésta, resultarán depósitos mayores que los que ocurrirían si el primero ó el segundo tramo fueran rectos, circunstancia que se traduce en un estrechamiento de la parte de canal correspondiente, con relación á la anchura en que ésta quedaría en los casos de tramos curvo á recto y viceversa.

Claro es que las irregularidades que se producen en los tramos de inflexión, crecen con la violencia de la curvatura de los dos tramos, y son mayores cuando el primero, ó de aguas arriba, es más violento que el segundo, porque, en el caso contrario, penetra más la influencia del de aguas arriba en el de aguas abajo.

Las consideraciones que anteceden se han hecho teniendo á la vista un estado de aguas de avenidas ordinarias y extraordinarias que corren por el cauce á cajero lleno; si se considera ahora el régimen de pequeñas avenidas y de altas aguas, estados estos porque pasa siempre el Guadalquivir al descender las crecidas, se comprenderá, aplicando en la medida necesaria lo antes expuesto sobre las irregularidades de los tramos de inflexión, que estos estados de las aguas acarrean una nueva causa de estrechamiento é irregularidad de la canal, y de aminoración de sus grandes profundidades, por los depósitos que acarrean en la ya desordenada canal de pequeña latitud que se crean en las inflexiones, aun en los tiempos en que discurren las aguas á cajero lleno.

Y es tal la gravedad de esta consideración, que por sí sola explica el hecho, constantemente repetido, que se verifica en el estado actual del cauce, de aterrar la canal en casi todas las pasadas de inflexión, después de cada avenida ordinaria ó extraordinaria, y de perder sensiblemente calado después de las altas aguas de invierno, sobre todo si se ha abierto con la draga una canal, por razones de navegación, de oblicuidad distinta á la que exigen las curvaturas de los dos tramos.

VARIACIÓN DE LAS ANCHURAS DE LAS SECCIONES PERTENECIENTES Á UN TRAMO DE INFLEXIÓN Ó DE PASADA.

Las anchuras de las secciones transversales de las inflexiones deberán ser concebidas, por consiguiente, en vista de disminuir en lo posible las irregularidades ó inconvenientes que resultan para la canal.

Habrá, pues, que estrechar las secciones, tanto más cuanto mayor sea la violencia de las dos curvaturas; y para conseguir este estrechamiento sería indispensable prolongar la concavidad hasta más allá del punto de inflexión en las dos márgenes cóncavas, y en mayor longitud la concavidad de aguas abajo que la de aguas arriba.

Esta solución es más bien teórica que práctica, pues, empleándola, hay que llegar á producir estrechamientos verdaderamente inadmisibles, aun para el cauce del cajero, y que, desde luego, influirían poco ó nada en los depósitos que resultan al descender la avenida.

SOLUCIÓN PRÁCTICA DE LA VARIACIÓN DE ANCHURAS DE LAS SECCIONES PERTENECIENTES Á LOS TRAMOS DE INFLEXIÓN.

La verdadera solución práctica y admisible consiste en desechar por completo en el trazado de las márgenes las curvaturas de pequeño radio, y en absoluto las inflexiones en el trazado horizontal pertenecientes á curvas violentas.

Mientras consideraciones de importancia no lo impidan, lo que más conviene es colocar siempre entre dos vueltas de distinto sentido un tramo recto de suficiente longitud, que, naturalmente, ha de ser mayor cuando la curva de aguas arriba sea de pequeño radio, dentro de la mínima longitud admisible para éste, y desde luego salta á la vista que también puede prescindirse de intercalar el tramo recto cuando la inflexión pertenece á dos curvas suaves ó de gran radio de curvatura.

Claro es que la interposición del tramo recto entre dos curvas de distinto sentido, si tiene la longitud suficiente, ofrece la ventaja de convertir la inflexión en dos tangencias de un tramo recto con dos curvas, disminuyendo la intensidad de las irregularidades, alargando la zona que alcanzan, haciéndolas pasar, para cambiar de sentido y de margen, por la regularidad de velocidades, socavaciones y depósitos que acompaña á todo tramo recto, si tiene longitud bastante para que se establezca el régimen que le es característico.

Cuanto acabamos de exponer sobre el régimen especial de las aguas en las tangencias con tramos rectos, sobre el de las pasadas y sobre las variaciones de anchuras de las respectivas secciones transversales, no se puede llevar á la práctica en la mayor parte de los casos ni con aproximación, ni menos con rigor; representa más bien tendencias y propósitos que han de presidir al hacer el trazado de márgenes, y que se deben realizar con la intensidad que permita cada uno.

RÉGIMEN DE LOS TRAMOS QUE PRESENTAN SECCIONES TRANSVERSALES PRÓXIMAS DE GRAN DIFERENCIA DE ANCHURAS.

En aquellos tramos que existe irregularidad en la variación de las anchuras de las secciones transversales próximas, pasando rápidamente de una sección estrecha á una ancha ó viceversa, ó bien comprendiéndose una serie de secciones anchas por dos estrechas, los movimientos de las aguas y el régimen del fondo tienen modos de ser característicos que conviene estudiar y conocer.

Cuando las secciones estrechas preceden á las anchas, las velocidades que existen en las primeras pierden valor absoluto al llegar á las segundas, acercándose las mayores á la margen de mayor concavidad, y existiendo las mínimas en la opuesta.

Si son notables las diferencias de velocidad entre las dos zonas, se producen diferencias de presión, que engendran movimientos desviatorios, que van de la margen cóncava á la convexa, y que llegan á formar corrientes de revesa del lado de éstas.

El régimen de los fondos será de aterramiento, ocasionado por la disminución de los valores de las velocidades; por consiguiente, las profundidades próximas á la margen cóncava serán más pequeñas que las que existían en secciones anteriores; los aterramientos tendrán lugar del lado de la margen menos cóncava y serán un máximo en la zona del cauce en que se anulen las velocidades de sentido contrario de la corriente principal y de la revesa.

Por estas razones, el lecho presentará un bajo fondo, situado hacia el centro del cauce y en las proximidades del tramo estrecho; será, además, de forma alargada en el sentido de la corriente, y más estrecho y menos alto por el extremo de aguas abajo que por el extremo de aguas arriba.

Si las secciones anchas preceden á las estrechas, entonces, para que las velocidades aumenten de valor absoluto tanto cuanto sea indispensable, para que por las secciones de menor latitud pase el caudal de aguas, necesitan éstas represarse y ganar altura en una parte del cauce ancho, próxima á la estrechura, resultando de esta suerte, en este lugar, una disminución general de las velocidades.

En la región por donde corrían las máximas, que se encontrará del lado

de la margen de mayor concavidad, habrá mayor presión que en la zona contigua á la margen opuesta, en que reinaban las mayores velocidades. Si estas diferencias de presión son suficientemente grandes, se presentarán los movimientos desviatorios y la revesa, que correrá por la parte del cauce contigua á la margen de menor concavidad.

El régimen del lecho de la región que se considera ahora, inmediatamente anterior á la estrechura, será, en general, de aterramiento; habrán disminuído, por consiguiente, las profundidades de la margen cóncava con relación á las que venían reinando por aguas arriba en esta margen, y los aterramientos tendrán lugar del lado de la margen opuesta, de menor curvatura, y serán los mayores en la zona del lecho en que se anulen las velocidades de la corriente principal y de su revesa.

Se formará, pues, si ésta existe, un bajo de forma alargada, en la mediación del cauce, y de mayor anchura y volumen en el extremo próximo al estrechamiento de éste.

Si el tramo de secciones anchas queda comprendido por dos de secciones estrechas, las velocidades de las aguas y el régimen de los fondos resultarán de la combinación de los correspondientes á los dos casos anteriores; la situación, forma y volumen del bajo, dependerá de la importancia relativa de los dos estrechamientos y de la forma de las márgenes del tramo ancho y de los dos estrechos; el bajo se acercará más y presentará mayor volumen y anchura, en general, del lado en que exista la sección de menor latitud, entre las dos estrechas, y se situará en la proximidad de una ú otra margen, según la forma de éstas en el tramo ancho y en el estrecho próximo.

Si los estrechamientos son de igual importancia, y si las formas de las márgenes del tramo ancho son semejantes, entonces el bajo se presenta hacia la mitad de la longitud del tramo ancho, y resultará simétrico.

En los dos casos, el volumen máximo del bajo no se presentará en las proximidades de los estrechamientos, encontrándose en la mediación de la longitud del ensanchamiento la zona de máximos aterramientos, pues de esta manera varían los valores de las velocidades al juntarse y sobreponerse las influencias propias del estrechamiento de aguas arriba con el de aguas abajo.

Mejora de los tramos que presentan gran diferencia de anchura en sus secciones transversales.

Como en definitiva es de aterramiento el resultado del régimen de los tramos que se afectan por las irregularidades que se acaban de estudiar, y además por su mismo modo de ser, crean un fondo extraordinariamente variable, hay que proscribir en absoluto las notables diferencias de anchura de las secciones transversales próximas en el cauce que se ha de crear para mejorar la navegación.

Del estudio que se acaba de hacer se saca esta enseñanza, y, además, otra que es su lógica consecuencia, y que consiste en la seguridad que se puede tener de que, al regularizar las secciones transversales de un tramo ancho comprendido por dos estrechos, desaparecerán, naturalmente y por ley de régimen, los bajos que pudieran existir, estorbosos para la navegación.

Así lo comprueba la experiencia adquirida, por haber desaparecido inmediatamente después de realizar obras de regularización de las márgenes, los bajos é islas de los tramos de la Barqueta, Cartuja, Gordales, Repudio é islote de Hernando.

§ V

Profundidades de las secciones comprendidas entre dos secciones tipo consecutivas

Tramos de cauce rectilíneos.

Si las secciones tipo que se consideran pertenecen á un tramo rectilíneo, comprenderán secciones transversales cuya anchura estará determinada, según la posición de cada una, por las líneas que unen ordenadamente las márgenes de las dos secciones tipo.

Y como, por una parte, estas dos secciones se han elegido con la condición de que pertenezcan á un tramo de cauce, en el cual el régimen sea análogo en todos sus puntos, reinando en todas sus secciones transversales casi las mismas velocidades, tomando las aguas sobre el nivel de estiaje alturas iguales y siendo sensiblemente homogénea la composición del lecho y de las barrancas, las profundidades de las secciones transversales tendrán que ser también análogas, por no decir iguales, á las que se obtengan ó existan en las secciones tipo, por el trabajo natural del régimen de la corriente en estado de grandes avenidas ordinarias, que es el dominante, según hemos dicho ya varias veces, en la ría del Guadalquivir.

De suerte que, teóricamente, la forma del cauce comprendido por el cajero de las barrancas se obtendrá uniendo ordenadamente uno á uno puntos homólogos de las secciones transversales tipo correspondientes á los extremos del tramo que se considera.

Por consiguiente, las profundidades de las sucesivas secciones transversales variarán proporcionalmente con la distancia á que se encuentren de las secciones tipo de las extremidades, según la posición que ocupen en el tramo rectilíneo, y la pendiente del fondo será uniforme y estará determinada por la línea recta que una los puntos homólogos de los fondos de las dos secciones tipo.

Claro es que en la práctica no se ha de realizar con exactitud la consecuencia deducida teóricamente, pero desde luego se verificará con la aproximación que se necesita para los fines de este proyecto, para los que puede considerarse exacta la consecuencia anterior, sentando la conclusión de que, en los tramos rectilíneos comprendidos por dos secciones tipo, las profundidades de las secciones intermedias cuyas anchuras varíen proporcionalmente, según su lugar, con relación á las de aquellas secciones, serán de un valor absoluto, comprendido entre las profundidades de las secciones tipo, y variarán también proporcionalmente en cada una á la distancia que se encuentren de cualquiera de las secciones extremas.

Tramos de cauce de dirección cualquiera.

Si ahora se considera un tramo de cauce, de dirección cualquiera, ya esté dada por una ó varias alineaciones curvas de mucha ó poca curvatura, del mismo ó de diferente sentido, ó ya esté dada por alineaciones rectas, tangentes á otras curvas, como quiera que la variación de anchura de las secciones transversales comprendidas por las dos secciones tipo se ha de sujetar á las reglas establecidas en el párrafo anterior, que han sido deducidas precisamente con la condición de evitar la irregularidad en la distribución de velocidades, que es debida á la dirección del eje del cauce en cada punto; la ley de variación de las profundidades de las secciones transversales del cauce, más ó menos sinuoso, que ahora se considera, será sensiblemente la misma que la anteriormente deducida para el cauce rectilíneo, siendo también las profundidades dominantes y las profundidades mínimas de un valor absoluto, comprendido entre las de las secciones tipo, y resultando, el que corresponda á cada una de las secciones intermedias, visiblemente proporcional á la distancia que la separe de la sección tipo extrema que se considere, formando, por tanto, una pendiente para el fondo del cauce, próximamente uniforme, determinada por la línea que una las profundidades de las dos secciones extremas.

En las consideraciones que anteceden no se han tomado en cuenta las profundidades especiales, siempre excesivas, que no pueden menos de existir en la región del vértice hidráulico de los tramos curvos, debidas, según antes se ha visto, á condiciones locales; sólo se han considerado las profundidades dominantes en la canal, que son las que interesan á la navegación, producidas por aquellas velocidades que reinan sin modificación sensible en toda la longitud del cauce, cualquiera que sea la dirección de éste, cuyo trabajo pudiera ser re-

presentado por el de velocidad media aplicada á la superficie útil de cada sección transversal.

El cauce de la ría puede considerarse igualmente atacable por las velocidades en todos los puntos.

La homogeneidad del cauce ciertamente no es completa en la ría del Guadalquivir; pero sin inconveniente alguno puede así considerarse bajo la reserva de intervenir con dragados en aquellos lugares, pocos en número, en los que la acción de las velocidades sea insuficiente ó poco activa para crear las profundidades que correspondan á determinadas secciones transversales, según la ley de uniformidad de pendiente del lecho, que se acaba de deducir.

Además, ni por necesidades de la navegación, como después demostraremos, ni por razón de régimen, ha de haber nunca necesidad de ejecutar de una vez, y en toda su anchura y profundidad, el dragado que, al efecto anteriormente dicho, sea indispensable llevar á cabo; por el contrario, los dragados destinados á ayudar y completar la acción de las corrientes, como todas las obras que tengan por objeto mejorar el cauce de la ría, deberán hacerse por partes, de un modo progresivo y con el transcurso de tiempo, pues no de otro modo obran los agentes naturales del régimen, á los que, inevitablemente, hay que confiar una buena parte de la mejora del cauce del Guadalquivir, ni de otra manera se pueden tener en cuenta las útiles enseñanzas que proporcionan los consecutivos resultados que producen los agentes naturales.

Perfil longitudinal del fondo del cauce mejorado.

En virtud de cuanto se acaba de exponer, lo probable es que, si se aplica á la determinación de las anchuras de las secciones comprendidas por las secciones tipo que han sido elegidas como tales, las reglas que se han explicado en el párrafo anterior, cuando el efecto de las obras que hay que hacer en las márgenes sea completo, y cuando las pequeñas diferencias de resistencia á la socavación que presenta el cauce sean debidamente corregidas por dragados, el fondo de la ría del Guadalquivir afectará pendientes uniformes, que estarán en relación con las características principales del régimen en cada una de las dos regiones en que se ha dividido.

Así, en la primera región, al unirse por medio de una línea, indicada en el gráfico con trazo y punto, las cotas de profundidad de las secciones tipo desde Sevilla á la boca alta de la Corta de los Jerónimos, determinando de esta suerte, según se acaba de decir, las cotas de profundidad que los agentes naturales y las obras de márgenes y de fondo crearan con el tiempo en las secciones intermedias, se obtiene una pendiente uniforme, apenas sensible, de sesenta y tres milímetros por kilómetro, que debe considerarse más bien como horizontal.

Del mismo modo, si se traza, para determinar las profundidades que quedarán en las secciones transversales intermedias de la segunda región, la línea que une las cotas de profundidad de las secciones tipo de La Lisa, de la Horcada, de la Mata y del Caño de Quero, resultará una horizontal.

Se prescinde de las profundidades y secciones de la Corta de los Jerónimos, porque este tramo de cauce tiene un régimen especial y singular, determinado por las excepcionales condiciones de anchura y de pendiente en la superficie de las avenidas.

Influencia del perfil longitudinal del cauce mejorado en la propagación de la marea.

De suerte que, con fundamento, se podrá sentar la conclusión de que el perfil del fondo del cauce mejorado será sensiblemente horizontal, con lo cual, y con la continua y gradual disminución de anchura que presentarán las sucesivas secciones transversales, se habrá obtenido la ventaja de favorecer la propagación de la marea en estiaje, ganando algún decímetro en las alturas de las pleas.

Mucho más allá de este punto no se puede llevar el aumento de altura de la plea en la parte superior del cauce; pues toda la diferencia que en la actualidad existe entre las carreras diurnas de marea en Bonanza y en Sevilla no llega á un metro, y una parte de esta altura no puede menos de ser absorbida en todos

los casos por la resistencia que siempre ha de ofrecer el cauce á la propagación de la onda de marea.

Forma, perímetro mojado y superficies de las secciones comprendidas por dos secciones tipo consecutivas.

No hay que perder de vista el punto esencial de que el cauce que se ha de mejorar es el del cajero de las máximas avenidas ordinarias, que son las que, dominando las influencias de las demás, determinan el régimen.

Al recordar aquí este particular, se persigue el objeto de llamar la atención sobre el hecho de que, en cuanto antecede, al hablar de profundidades, siempre nos hemos referido á las de las diferentes secciones tipo ó intermedias en la bajamar, y para nada nos hemos ocupado de las profundidades y velocidades que reinan durante las avenidas extraordinarias, habiendo así procedido porque son más conocidas las profundidades á la baja que las existentes en todos los lugares durante las máximas avenidas ordinarias, y porque las que se presentan en éstas dependen en todas las secciones de las que existen en la bajamar.

También, al proceder así, se ha sobreentendido que en las secciones transversales comprendidas entre cada dos secciones tipo, las anchuras que se les debe asignar deben contarse entre barrancas de igual altura ó de altura proporcional á las que tengan las secciones tipo que las comprenden.

Esto equivale á suponer que la distancia del nivel de las aguas de las avenidas extraordinarias, al nivel de bajamar en cada sección transversal intermedia, ha de ser proporcional á las que existan en la sección tipo, según la distancia á que se encuentre de ella la transversal que se considere; y además, esta consideración obliga á recrecer, por medio de obras, las barrancas que actualmente existen en las secciones intermedias, hasta conseguir en todas ellas que las distancias entre el nivel de avenidas máximas extraordinarias y la bajamar varíen en la forma que se acaba de expresar.

En una palabra: el resumen de cuanto se ha expuesto hasta aquí sobre los modos de variación de todos los elementos de las secciones transversales intermedias de que depende el régimen en todas, puede expresarse diciendo que las secciones transversales intermedias deben ser, en cierto modo, semejantes entre sí, y semejantes á las secciones tipo porque están comprendidas, siendo las superficies determinadas por el nivel de las máximas avenidas extraordinarias, proporcionales á la distancia que separe la sección que se considere de cualquiera de las extremas.

Por lo demás, claro es que, de esta conclusión y de todas las anteriores de la misma índole, debe separarse todo rigorismo geométrico; su significado debe tomarse, para la práctica, de una manera aproximada, representando, más que un fin necesario y concreto, una tendencia y un principio que se deben tener presentes y á la vista al proyectar y ejecutar las obras; que otra cosa no permiten los elementos complejos, contingentes y poco conocidos que influyen en el régimen de la ría del Guadalquivir y en los resultados de las obras que en ellas se han construído y que en adelante hay que ejecutar.

§ VI

Mejora de la forma horizontal del eje del cauce

Elegidas las secciones transversales tipo; determinadas las anchuras de las secciones intermedias comprendidas entre cada dos de las primeras mencionadas; puestas de manifiesto las profundidades extrictas que necesita la navegación de 23 piés en todos los lugares de la ría, y deducidas las profundidades que realmente quedarán en todas las secciones transversales, después de realizadas las obras que deben crear las secciones tales como se han proyectado, queda por estudiar, para llegar al completo conocimiento de la mejora que se puede introducir en el cauce, la dirección de sus tramos sucesivos, elemento importantí-

simo y por demás influyente, según se ha tenido lugar de observar en cuanto se ha expuesto en párrafos anteriores, en el régimen de las aguas y en las facilidades de la navegación.

Vueltas violentas que deben imprescindiblemente mejorarse.

Se ha demostrado antes la necesidad, mejor que la conveniencia, de evitar en todas partes las vueltas violentas, ó sean los tramos curvos de pequeña curvatura; mas para llegar en este propósito tan lejos como se pueda, es indispensable determinar previamente cuáles sean las vueltas que deban considerarse violentas é inadmisibles, y cuáles sean la eficacia y dificultades de los medios que pueden emplearse para suavizar las vueltas que hoy presenta el cauce.

En el capítulo sexto, en vista del conocimiento práctico adquirido sobre los inconvenientes que se tocan para el régimen y para la navegación, se dijo que eran consideradas por todo el mundo como vueltas violentas las de los Remedios, de Tablada, del Verde y de la Isleta; también se dijo que la de los Olivillos pudiera clasificarse como vuelta violenta, aunque los inconvenientes que presentaba, bajo aquellos dos puntos de vista, estaban en ella muy atenuados.

Procedimiento general para mejorar las vueltas violentas.

Habrá, pues, que estudiar el mejor medio posible de aumentar el radio de curvatura de las vueltas mencionadas, y habrá que analizar los inconvenientes que presente.

Para lograr este fin, en todas y cada una de ellas, no hay otro procedimiento, dentro de la posibilidad práctica, que el que ha venido siguiéndose desde los tiempos del Sr. Pastor, en 1865, hasta la fecha; en esencia consiste en oponerse á las socavaciones de las márgenes cóncavas por medio de obras de encofrados rellenos de enramaje, y en provocar el ataque de las márgenes convexas, dirigiendo contra ellas la acción de las corrientes por medio de obras situadas en las márgenes cóncavas, además de realizar los dragados que han tenido por misión favorecer la acción de estas mismas corrientes.

Resultados obtenidos hasta 1897.

En todas las vueltas dichas se han ejecutado esta clase de obras, siempre con tenacidad, y á las veces con gran intensidad, sin que los resultados obtenidos, hasta 1897, hayan sido satisfactorios, pues en ninguna se ha conseguido detener las socavaciones de la región del vértice hidráulico, en las márgenes cóncavas, cuya curvatura ha continuado aumentando en algunos lugares, como en la punta del Verde, con una velocidad media de socavación ó de retraso en la barranca, que puede estimarse en dos ó tres metros por año.

Tampoco se ha logrado retrasar y socavar la punta de la margen convexa en el tramo siguiente á la punta en dirección de aguas abajo.

En la parte de la margen cóncava anterior á la zona de socavaciones del vértice se ha conseguido siempre, con relativa facilidad, el avance de esta margen, así como la acción consiguiente de ataque en la región fronteriza de la convexa.

De esta suerte, modificándose solamente el tramo de aguas arriba de la curva, se ha contribuído á aumentar la curvatura del tramo de aguas abajo, ya acrecida por las socavaciones producidas en la región del vértice.

Sistema de obras empleadas en 1897 para mejorar las vueltas del Verde y de Hernando.

En 1897, estudiada detenidamente la cuestión, se ejecutó en la Punta del Verde un sistema de obras que tenía por objeto: primeramente contener las socavaciones en la región del vértice hidráulico, y después provocar accesiones que adelantaran hacia el cauce esta región de margen.

Consistieron las obras en la sustitución del paramento vertical de la barranca por un talud tendido de $^3/_1$ arrancando de la bajamar, que se practicó por excavaciones á brazo. Este talud se revistió en dos tercios de su anchura de faginas, sostenidas con alambres y piquetes, con objeto de impedir que las primeras avenidas lo socavaran, restableciendo la barranca.

Ejecutadas estas obras en verano, en el mes de Enero inmediato se hicieron plantaciones á través de las faginas, destinadas á defender de un modo permanente el talud, y á provocar sobre él sucesivos aterramientos.

En el cauce de estiaje se hicieron también, en toda la vuelta, importan-

tes obras de encofrado en la margen cóncava, consistentes en un dique longitudinal, ligado al talud tendido, previamente ejecutado por varios espigones transversales, rellenos de faginas los espigones y el dique hasta la altura de plea, que dividieron el cauce en una serie de corrales, verdaderos estanques, pues sus aguas estaban en absoluta tranquilidad, lo mismo en estiaje que en avenidas.

Resultados obtenidos con el nuevo sistema de obras de mejora de las vueltas del Verde y de Hernando.

Los resultados no se hicieron esperar; en 1900, á pesar de no haberse presentado ninguna avenida, sólo con los aterramientos recogidos en los estiajes y en algunos pequeños crecimientos del nivel de las aguas de invierno, las plantaciones del talud adquirieron enorme desarrollo, haciendo inatacable esta margen, como se ha comprobado después; los corrales se llenaron por completo de depósitos hasta la altura de pleamar, y disminuyeron visiblemente las profundidades al pié del dique, hasta tal punto, que, con los mismos pilotes que lo formaban, se construyó otro que se pudo avanzar hacia el cauce distancias comprendidas entre cinco y once metros, siendo el avance corriente de siete á ocho metros.

Se obtuvo de este modo por primera vez la permanencia de la barranca en su posición y el avance hacia el cauce de una margen cóncava entera, con la consiguiente disminución de curvatura, que era el objeto que venía persiguiéndose sin resultado, desde que se empezaron las obras de mejora del Guadalquivir.

En la vuelta de la isla Hernando se ha aplicado también, desde hace dos años, el mismo sistema de obras, y los resultados que van produciendo son análogos, aunque menores á los obtenidos en la Punta del Verde.

Primer inconveniente del procedimiento de 1897.

Procediendo de esta manera, lo que en definitiva se logra es un avance de la margen cóncava; pero este avance no es regular, pues presenta, necesariamente, un mínimo en la región del vértice hidráulico, y, por consiguiente, las curvas sucesivas que con estos avances se van creando son cada vez más irregulares.

Modo de atenuarlo.

Para oponerse á este efecto, y sólo en parte, no queda otro remedio que retrasar la margen convexa, practicando en ella excavaciones de ensanche de las sección, en evitación del estrechamiento de canal, producido por los aterramientos que, apoyados sobre esta margen convexa, crean la zona de mínimas velocidades que hemos visto existe á redoso de las puntas; hay, pues, que añadir, y sólo para atenuar los efectos del procedimiento, á las importantísimas obras que hay que hacer en las márgenes cóncavas de las vueltas violentas, las obras que requieren las márgenes convexas, no menos importantes que aquéllas.

Para lograr el avance regular y uniforme de las márgenes cóncavas sería preciso emplear en su artificial recrecimiento escolleras, ó en general materiales suficientemente resistentes para que sostuvieran victoriosos los ataques de las grandes velocidades de las aguas que obran tumultuosamente y por choques sobre las márgenes cóncavas de las vueltas de violenta curvatura; siendo de advertir que los avances de la margen cóncava así obtenidos no evitarían la ejecución de las obras de excavación y dragado que hemos dicho sería necesario ejecutar del lado de aguas abajo de la margen convexa.

La carencia de materiales pétreos en la extensa ribera del valle del Guadalquivir, y la gran cantidad de éstos que sería necesario para mejorar las vueltas, hacen tan inadmisible este procedimiento, que su empleo no ha sido ni intentado siquiera por ninguno de los Ingenieros que han estado al frente de las obras.

Otros inconvenientes importantes del procedimiento de mejora de las vueltas violentas. — Su importe excesivo.

El avance de las márgenes cóncavas por medio de encofrados antes descrito, á primera vista más aceptable que el que se acaba de considerar, presenta también, estudiándolo á fondo, inconvenientes de gran monta.

El pequeño adelanto irregular obtenido en la margen cóncava de la punta del Verde costó unas 75.000 pesetas, como gasto de primer establecimiento; en los años subsiguientes al de 1897 se gastó en la conservación de las obras una suma anual de 26.000 pesetas, término medio.

Además, no habiéndose ejecutado por falta de material los dragados de la margen convexa, á redoso de la punta, que son de volumen importante, no se ha presentado de nuevo la posibilidad de adelantar más la margen cóncava, á pesar de haberse presentado algunas pequeñas avenidas y una de bastante consideración.

No es fácil, pues, formarse ni idea aproximada del importe de las obras que puedan ser necesarias para disminuir tanto como se necesita la curvatura de la Punta del Verde; pero desde luego se ve que las sumas á aquel efecto necesarias han de ser de mucha consideración. Si es que con este procedimiento se puede lograr el fin que se desea, lo que no está completamente demostrado.

ENORME LENTITUD EN LOS RESULTADOS.

Otro inconveniente de este procedimiento, para mejorar la curvatura de las vueltas violentas, se acarrea por la extremada lentitud del proceso y modo como se obtienen los resultados; pues para que sean de importancia es necesaria la presentación de muchas avenidas extraordinarias, que pueden tardar muchos años en acaecer en número suficiente.

PERJUÍCIOS QUE OCASIONA Á LA NAVEGACIÓN.

Todavía presenta otro inconveniente, originado por las dificultades que crean para el paso de la navegación los estados intermedios del cauce, por los que no hay más remedio que pasar, desde que se da principio á las obras de defensa de la margen cóncava, y de correlativo ataque á la convexa, hasta que se llega, después de transcurrir muchos años, á la posición definitiva de las dos, ó á una próxima á ella.

Para acabar de formarse idea, de una manera práctica, de este último inconveniente, debe recordar el lector lo expuesto antes sobre los tramos de tangencia de las curvas violentas con los tramos rectos y sobre los tramos de pasada; allí se demostró la influencia grande que las márgenes convexas tienen en la corrección de las irregularidades propias de estos tramos, y trayéndolo á la memoria, podrá darse cuenta del mal estado en que no puede menos de quedar la parte de cauce que antecede á la curva, cuyas obras tienen por fin atacar la margen convexa, que varía, por consiguiente, de posición, encontrándose á merced de los ataques de las velocidades, en lugar de mantenerse en la que se necesita para corregir las irregularidades de aquéllas, creando y conservando las profundidades necesarias para la navegación.

IMPORTANCIA DE LOS PERJUÍCIOS QUE HA DE CAUSAR Á LA NAVEGACIÓN.

Puede llegar este inconveniente á adquirir tal importancia en los tramos de aguas arriba de las vueltas del Verde, de Tablada y de los Remedios, que se esterilicen por completo los resultados de aumento de calado que se obtengan en todo el resto de la ría, durante el gran número de años que puede tardarse en mejorar de la manera que nos ocupa las tres vueltas mencionadas.

La práctica enseña de un modo que no deja lugar á duda, confirmando estas apreciaciones, que el tramo de ría comprendido entre Sevilla y el Copero, aguas abajo de la Punta del Verde (véase el plano, hoja número 3), es el de fondos menos permanentes y el más sensible á toda variación del caudal de aguas del Guadalquivir; basta la presentación de un pequeño crecimiento de su nivel sobre el de estiaje para que se pierdan, en algunos puntos de este trozo de cauce, varios piés de profundidad, ocasionando las consiguientes molestias al paso de los buques.

RESUMEN DEL JUÍCIO QUE DEBE MERECER EL PROCEDIMIENTO DE MEJORA DE LAS VUELTAS VIOLENTAS.

En resumen: es preciso decir con absoluta franqueza que el problema de mejora de las vueltas violentas es quizás el más difícil y el más aleatorio de los que presenta la mejora de la ría del Guadalquivir, hasta el extremo de que ni se puede asegurar siquiera la práctica posibilidad de resolverlo en el grado que necesita la navegación de 23 piés, á pesar de los esfuerzos hechos durante el largo tiempo en que se están ejecutando obras en esta ría.

VUELTAS Á QUE PUEDE APLICARSE EL PROCEDIMIENTO PARA MEJORARLAS.

Ahora bien; como los inconvenientes de todo género que tiene el procedimiento de mejora de las vueltas crecen rápidamente con su violencia y con la irregularidad de la curvatura de la margen cóncava, resulta que se podrá aplicar con algún éxito, con resultados de rapidez aceptable, y con la economía

debida para mejorar pocas vueltas, cuando éstas sean, además, nada violentas, y cuando la forma que afecte la margen cóncava sea regular en la variación de sus sucesivas curvaturas.

En el cauce actual del Guadalquivir se podrá, pues, emplear en general, y con intensidades proporcionadas, en todas las vueltas de gran amplitud ó de gran curvatura; entre éstas, evidentemente, se podrá aplicar á la vuelta de los Olivillos, y además, no habrá más remedio que emplearlo también en la mejora de la vuelta de la isleta Hernando, entre otras razones, porque en su punta convexa se tienen ya instalados poderosos medios de excavación, consistentes en una excavadora con su material de transporte, capaz de hacer, con economía, 600 ó 700 metros cúbicos diarios.

MODO RADICAL DE EVITARSE, CON SUS INCONVENIENTES, LA MEJORA INTENSA DE LAS VUELTAS DE LOS REMEDIOS, DE TABLADA Y DEL VERDE.

El resto de las puntas violentas, del Verde, de Tablada y de los Remedios, de mayor y más irregular curvatura que todas las demás de la ría, deben mejorarse por el mismo procedimiento, pero con poca intensidad, y persiguiendo resultados más modestos; dejando estas vueltas, así como las pasadas y tramos que comprenden, en disposición de sostener una navegación de 18 ó 19 piés, ya que, por otras consideraciones, hay que desviar la navegación de 23 piés, apartándola del tramo comprendido entre la Punta del Verde y Sevilla, llevándola por la Corta de Tablada.

NECESIDAD DE LA CORTA DE TABLADA POR RAZONES DE CONVENIENCIA DE LA NAVEGACIÓN.

La necesidad de esta importante obra se demostró en el capítulo quinto, por razones relacionadas con el emplazamiento del nuevo puerto y de la mejora urgente, indispensable y capital, del muelle de Sevilla; há poco se acaban de aducir razones no despreciables en favor de su ejecución, que se fundan en la evitación de las dificultades é inconvenientes que presentan la mejora de las vueltas violentas de los Remedios, de Tablada y del Verde, y en general del tramo de ría comprendido entre el Copero y Sevilla, para crear la navegación de 23 piés, y que es, entre todos los que forman el cauce de la ría, el que hace más dudosa y más lejana la realización de este importante propósito; y ahora, para acabar de exponer las consideraciones que militan en favor de la apertura de la corta, se expondrán brevemente las principales razones que se originan de la conveniencia y necesidades de las obras de defensa de la ciudad de Sevilla contra las inundaciones del Guadalquivir.

NECESIDAD DE LA CORTA DE TABLADA POR RAZONES DE CONVENIENCIA DE LA DEFENSA DE SEVILLA CONTRA LAS INUNDACIONES DEL GUADALQUIVIR.

Por de pronto hay que manifestar que el Ingeniero autor de aquel proyecto, Inspector general Sr. D. Javier Sánz y Larumbe, considera la apertura de la corta de Tablada de tanta conveniencia para la defensa de Sevilla, que califica la ejecución de esta obra de *capital é importantísima*, y, sin duda alguna, si no la comprende en el presupuesto, es por razón de su importe, que elevaría extraordinariamente el de éste, y porque prevé que la Junta de Obras del Puerto de Sevilla no puede menos de ejecutarla para mejorar el puerto y la ría, por lo cual se extiende en la Memoria en largas consideraciones sobre la necesidad de ejecutar la corta de Tablada para satisfacer las necesidades de la navegación del puerto de Sevilla.

En el informe que emitió en 16 de Agosto de 1901 el Ingeniero autor de este proyecto sobre el de las obras de defensa, después de hacer suyas las razones que se exponían en aquella Memoria en favor de la imprescindible ejecución de estas obras para la mejora del puerto, hizo una demostración tan detallada como le fué posible para evaluar la verdadera importancia y las consecuencias que realmente traería para las obras de defensa la apertura de la corta de Tablada.

Como no es cosa de repetirla de nuevo en este lugar, se ruega al lector que necesite ó quiera conocerla, consulte el documento citado, pues, con lo dicho, ya basta para demostrar que, aun prescindiendo del puerto y de la navegación, la ejecución de la corta de Tablada no se podría evitar si se quería completar la certeza de los resultados de las obras de defensa, necesarias para asegurar la existencia de tan importante población.

El Sr. Sánz proyecta, á los fines de la defensa, una corta en Tablada de

las mismas dimensiones y de igual trazado que la que se propone en este proyecto para la mejora del puerto y de la navegación.

Coincidencia que, después de todo, es lógica y natural, pues, hasta tal punto saltan á la vista, por evidentes, las consideraciones que hay que hacer para proyectarla.

Principios que se han de tener á la vista para mejorar la dirección del cauce desde la vuelta del Verde hasta Bonanza.

En virtud de cuanto se acaba de exponer, resulta demostrado que la manera de mejorar el eje del cauce de la ría entre Sevilla y Punta del Verde consiste en la ejecución de una corta ó nuevo cauce que una tangencialmente las curvas violentas de los Remedios y del Verde.

Como la existencia de esta corta pone en estudio su trazado, sus anchuras, sus profundidades, su régimen, y además impone la obligación de realizar el análisis de las consecuencias que acarrea para el régimen del tramo sinuoso que la ría presenta en la actualidad, obligando también á considerar el régimen de la bifurcación y la repartición de las aguas entre la corta y lo que quede del tramo actual, bajo la reserva de dilucidar inmediatamente todas estas cuestiones, seguiremos ocupándonos de la mejora del eje del cauce, á partir de la Punta del Verde, en la hipótesis de que queda admitida la existencia de la corta de Tablada.

Como no es necesario entrar ahora en el estudio detallado de las mejoras de dirección del eje de todos los tramos que actualmente presenta la ría, pues las encontrará el lector determinadas al tratar del trazado de las márgenes, nos limitaremos aquí á exponer, á manera de resumen, los principios que se han de tener á la vista para mejorar en cada punto la dirección del eje horizontal del cauce.

Se ha dicho ya que todas las vueltas violentas deben mejorarse ejecutando las obras necesarias para disminuir de anchura. De esta manera se debe tratar de corregir (véanse los planos, hoja número 3) la vuelta de la isleta Hernando y la de los Olivillos.

Las demás alineaciones curvas que presenta el cauce no acarrean inconveniente alguno ni para la navegación ni para el régimen, y el trazado de su eje horizontal y de sus márgenes debe hacerse teniendo á la vista solamente las conveniencias de las secciones transversales, para realizar como se necesita la variación de sus anchuras y la variación contínua del radio de curvatura de la vuelta.

Por las razones que se han expuesto en párrafos anteriores, debe proscribirse, en el trazado del eje horizontal del nuevo cauce, los puntos de inflexión ó de tangencia de dos alineaciones curvas de sentido contrario, debiendo interponer entre los dos un tramo recto de la mayor longitud que sea posible.

Como las alineaciones de gran curvatura no presentan inconveniente alguno ni para la navegación ni para el régimen, no se debe tratar de buscar en el eje del nuevo cauce grandes alineaciones rectas, si para conseguirlas hay que aceptar la ejecución de obras importantes ejecutadas en las márgenes; la inspección de los planos demuestra que, una vez mejorado el eje horizontal del cauce con arreglo á los principios anteriores, quedará bastante rectilíneo, desapareciendo las curvas que merecen el nombre de tales en toda la primera región, que es en la que tienen mayores inconvenientes para la navegación y para el régimen; pues en la segunda, la pequeña importancia de los depósitos que manejan las aguas, las grandes latitudes de las canales ahondables, y lo bajo y limpio de los horizontes de las márgenes y riberas, hacen desaparecer prácticamente todos los inconvenientes que tienen las curvas en el régimen y en las profundidades y para el paso efectivo de los buques.

§ VII

Trazado, profundidades y anchuras de la Corta de Tablada y del trozo de cauce antiguo que la comprende

Establecida la necesidad imprescindible de la apertura de una Corta ó cauce navegable para barcos de 23 piés de calado efectivo, en el que deben emplazarse los nuevos muelles y puerto de Sevilla, y que ha de unir además tangencialmente las vueltas de violenta curvatura de los Remedios y del Verde, hay que estudiar con detenimiento los importantísimos puntos que se refieren á su trazado, á sus profundidades, á sus anchuras y á su régimen, y también hay que tratar de conocer las consecuencias que la apertura de esta Corta ha de introducir necesariamente en el tramo de cauce actual, comprendido entre la bifurcación y la confluencia con la Corta.

Trazado de la Corta.

Considerando su trazado general, hay que elegir, por razón del movimiento y régimen de las aguas en las vueltas violentas, el punto de tangencia de la margen cóncava de los Remedios, con la margen izquierda de la Corta, lo más aguas arriba de la convexidad de la vuelta; y por la misma causa hay que designar, lo más aguas abajo que sea posible, el punto homólogo de tangencia en la vuelta del Verde; y de aquí se deduce ya que la margen izquierda de la Corta que ha de ligar las dos concavidades de las vueltas no puede ser una línea recta, porque sobran condiciones para determinarla. Será, pues, necesario que esté formada de una parte recta, de la mayor longitud, que permita la curva de unión tangencial de esta recta con cualquiera de las dos curvas.

La elección de cuál de ellas deba ser aquella de que arranque la alineación grande y recta de la corta, no es dudosa; pues la cuestión queda resuelta de plano por la consideración de que en esta parte recta se ha de construir el muelle y puerto de Sevilla, que conviene sea continuación del actual; además, la vuelta de los Remedios se presta mejor que la del Verde al arranque de la tangente en el punto debido y con dirección más apropiada á la general del trazado.

La curva de unión entre la alineación recta y esta última vuelta queda así determinada, con la condición de dar á las tangentes bastante longitud para que la parábola que ha de ser trazada tenga en su vértice un radio de curvatura de gran longitud, con lo cual se obtiene un tramo curvo que satisface bien las necesidades de la navegación y del régimen.

En virtud de esas razones, se ha llegado al trazado horizontal general de la Corta que figura en los planos, hojas números 3 y 6.

Procedimiento que debe seguirse para determinar la anchura y profundidad de la Corta.

Determinado el trazado horizontal, veamos cuáles deban ser las anchuras y profundidades de la Corta.

Desde tres puntos de vista debe ser considerada esta cuestión: bajo el aspecto de las necesidades de la navegación, ante las conveniencias del régimen, y pensando en los gastos, necesariamente importantes, que se han de ocasionar con las obras de su apertura.

Las conveniencias de la navegación quedarán satisfechas desde el momento en que se disponga para el paso de los barcos de aquellas anchuras y profundidades que la práctica haya demostrado sean extrictamente indispensables para navegar.

Á partir de este mínimo deben aumentarse unas y otras tanto como sea posible.

Las conveniencias del régimen quedan á su vez realizadas, cuando la profundidad y la anchura de la sección transversal sean tales que, por lo menos, permitan aquellas velocidades que conserven los fondos capaces de man-

tener la navegación de 23 piés de calado efectivo que se trata de establecer.

Para ejecutar los obras con la menor cantidad posible de recursos pecuniarios, será indispensable abrir la Corta con la mínima anchura y la mínima profundidad que exijan la navegación y el régimen; y también habrá que procurar que las fuerzas naturales, cuyo trabajo nada cuesta, tomen la mayor parte posible en la ejecución de las obras, disminuyendo de esta suerte el uso de elementos y fuerzas industriales que necesariamente ocasionan gastos, siempre de relativa consideración.

Este procedimiento de empleo tan racional para determinar las anchuras y profundidades con que debe iniciarse la Corta, no impide, antes bien facilita la determinación de estos elementos con aquel desahogo y con aquella magnitud que respectivamente sean exigidos por las conveniencias de la navegación y del régimen, consideradas con independencia de toda cuestión económica, circunstancial y contingente, si, al hacer ciertas previsiones que han de influir en ellos de una manera definitiva, se tiene á la vista el margen necesario para dar á las anchuras y profundidades los valores y la importancia que requieran por sí mismas de un modo esencial y permanente.

Es decir, que hay que dividir la cuestión en dos partes: estudiando en la primera las anchuras y profudidades extrictas; y deduciendo en la segunda las anchuras y profundidades amplias y definitivas, teniendo siempre cuidado de hacer posible su realización con el transcurso del tiempo y en todos los casos.

PROFUNDIDADES Y ANCHURA EXTRICTAS QUE NECESITA LA NAVEGACIÓN.

Determinemos, pues, cuáles deban ser las profundidades y anchuras mínimas que necesita la navegación.

PROFUNDIDAD AL PIE DEL MUELLE.

En el tramo del puerto, ó sea en el tramo de corta que contiene el muelle, es indispensable que cuenten los barcos al pie de éste, y en una anchura como de cuarenta metros, con fondos de 8 metros, iguales á 7 metros, equivalentes á 23 piés de calado efectivo, más un metro destinado á albergar los depósitos ó aterramientos que en algún punto de la longitud de atraque al muelle pudieran producirse en determinadas condiciones de régimen, provocado por aquellas avenidas pequeñas que se caracterizan por una elevación de la altura de agua del estiaje de uno ó dos metros.

La presentación de los depósitos á que se alude, no será de temer, ciertamente, en los primeros metros de aguas arriba de la longitud de muelles situados en la margen izquierda en la alineación recta tangente á la curva cóncava de los Remedios, que no puede menos de participar de los aumentos de velocidad que provoca la curva misma; pero una vez perdida por las aguas esta aceleración de la velocidad normal, puede disminuir su poder de suspensión y ocasionar depósitos en los últimos metros de la longitud del muelle, que, sin duda alguna, ni serán importantes, ni de una altura uniforme; pero sí pueden ser suficientes para que, no dando el metro de garantía sobre los siete que requiere el calado extricto, se sienten los barcos en algún punto de la quilla, durante la baja viva.

El metro de garantía tiene también la ventaja y proporciona la comodidad de dar más tiempo para realizar los pequeños dragados de limpia necesarios para restablecer los fondos.

PROFUNDIDAD EN EL FONDEADERO.

La profundidad á bajamar del resto de las aguas en que se sitúa el muelle debe ser de siete metros, porque los barcos no la necesitan mayor, desde el momento en que, sin inconveniente alguno, deben dejar de moverse en ellas cuando esta profundidad resulte extricta, practicando sus maniobras en cualquier estado de marea que no sea el de la baja viva.

En el tramo general navegable de la Corta, en el cual no han de fondear, ni han de hacer maniobras de ninguna clase, limitándose, salvo accidente, á recorrerlo en los dos sentidos, puede disminuirse, ciertamente, en cincuenta centímetros la profundidad de siete que se ha fijado para el tramo que contiene los muelles, haciendo la apertura del resto de la longitud de Corta con una excava-

ción de seis metros y cincuenta centímetros de profundidad, á contar de la bajamar.

Se vió, al estudiar las diferentes navegaciones que pueden hacerse en la ría, que en todos los casos los barcos de salida debían zarpar del puerto, lo más pronto en la fase de media marea creciente, y así mismo se vió que, en este mismo estado de marea, llegarían al fondeadero los más adelantados que hicieran navegación de entrada.

De aquí resulta que la Corta de Tablada será necesariamente recorrida con más de media marea por todos aquellos barcos que, por razón de llevar un calado grande, tengan que preocuparse de hacer una navegación adecuada al buen aprovechamiento de los fondos disponibles en todos y en cada uno de los tramos de la ría; lo que equivale á decir que la Corta será siempre navegada con veinte y tres piés de calado, en los tiempos en que la marea creciente haya proporcionado unos cuatro piés de profundidad sobre la de baja viva, equivalentes á un metro y veinte centímetros, que, sumados con los seis metros y medio que existen en esta fase, resultará, al paso de los barcos, una profundidad total mínima de siete metros y setenta centímetros, equivalentes á veinticinco piés y tres pulgadas.

Con esta profundidad quedan por debajo de la quilla más de dos piés de agua, que constituyen una garantía, más que sobrada, para asegurar el gobierno de los barcos en las aguas de la Corta, que han de correr con movimiento muy uniforme y libres de toda revesa y de todo escarceo.

ANCHURAS DE LOS PRINCIPALES CANALES QUE SOSTIENEN NAVEGACIÓN MARÍTIMA.

La determinación de las anchuras con que debe abrirse la Corta para satisfacer de un modo extricto las conveniencias de la navegación, debe ser precedida del conocimiento de las experiencias adquiridas en los canales marítimos abiertos hasta la fecha.

A continuación se incluye un estado que enseña las longitudes, anchuras y profundidades, que presentan los canales marítimos recorridos por barcos de gran porte, manteniendo tráficos de tonelajes de mucha importancia.

Canales marítimos.	DIMENSIONES Longitud. — Kilómetros	Anchura en el fondo. — Metros.	Profundidad navegable. — Metros.	Observaciones.
Panamá (proyecto).	74,0	22,00	8,50	
Nicaragua (proyecto)..	275,0	36,60	8,00	
Manchester actual.	57,1	34,8	8,00	Navegación en tramos comprendidos por exclusas.
Manchester ampliado (en ejecución)	57,1	36,6	8,60	
Manchester (tramo de Barton). . .	0,700	51,80	8,60	
Id. (puerto de carbón).	0,400	76,00	8,60	
Id. (antepuerto).		52,00	8,60	
Id. (Puerto de Salford).	0,800	96,00	8,60	
Id. (Puerto de Manchester) Pomona Docks..	1,600	56,00	8,60	
Chicago.	51,800	46,64	6,68	Id. íd. id.
Kiel Báltico.	98,5	22,00	8,50	Navegación comprendida entre dos exclusas situadas en las bocas del canal.
Amsterdan, mar del Norte. . . .		24,92	8,97	Existe una exclusa á su entrada. (Imuyden.)
Brujas (canal marítimo).		22,00	8,00	Existe una exclusa á su entrada.
Id. (tramo del puerto).	0,660	50,00	8,00	
Suez, antes de la ampliación. . .	160,0	22,00	8,00	Navegación ordinaria, apartaderos en los lagos.
Suez, en la actualidad.	160,0	34,80	8,50	
Suez, terminada la ampliación (en ejecución).	160,0	70,00	9,00	
Corinto.	6,300	22,00	8,00	Navegación ordinaria.
Bizerta antes de su ampliación. .	2,400	64,00	9,00	Id. íd.
Id. después de la ampliación (en ejecución).	2,400	120,00	9,00	Anchura exigida por las conveniencias del puerto militar, fijada para evitar la obstrucción del paso por un barco echado á pique en caso de guerra.
Brujas (canal de entrada). . . .	0,750	50,00	7,00	Navegación ordinaria.

Conviene, para nuestro estudio, dividir los canales que contiene el estado, que son todos navegados sin remolque ni auxilio alguno, en dos grupos: en el primero deben figurar los canales cuyas aguas, contenidas por exclusas, pueden considerarse estancadas y sin movimiento sensible, por más que existan en algunos corrientes de pequeña velocidad; y en el segundo grupo se deben incluir los canales que, no conteniendo exclusas ni ningún obstáculo al libre curso de las aguas, obedece su nivel á las variaciones de la marea, y, por tanto, tienen lugar en ellos corrientes de importancia análoga á las que reinan en los estiajes de la ría del Guadalquivir.

Se observa que las anchuras de los del primer grupo son pequeñas, variando entre 22 metros (Kiel y Brujas) y 46 (Chicago), cuando pertenecen á tramos en los que no existen ni muelles ni fondeaderos.

Los del segundo grupo demuestran que las anchuras en los fondos son también relativamente pequeñas, oscilando entre 22 metros (Suez antes de su

ampliación y Corinto), 64 metros (Bizerta antes de su ampliación), 70 (Suez ampliado) y 120 (Bizerta después de ampliado).

De suerte que la anchura de 60 metros en el fondo debe ser considerada como una anchura media de relativa amplitud entre las que presentan los principales canales marítimos, que mantienen una navegación de buques de gran porte, libre y de carácter ordinario.

De los canales contenidos en el estado que tienen una anchura semejante á 60 metros, deben citarse los de Brujas á su entrada en Heyst, y el de Bizerta antes de su ampliación.

Anchuras con que se ha navegado la ría del Guadalquivir.

Podría parecer suficiente lo expuesto hasta aquí para fijar en 60,00 metros de una manera definitiva, y sin más argumentación, la anchura extricta del tramo general de la Corta, atendiendo á las necesidades extrictas de la navegación; pero como este punto es importante por demás, conviene insistir en él, aportando razones que se fundan en la experiencia adquirida en la navegación de la ría del Guadalquivir, que por sí mismas apartan toda discusión sobre la posibilidad de aplicar á esta ría las enseñanzas adquiridas en otros canales marítimos, fundada en diferencias de régimen, de corrientes y de velocidades de las aguas, que se prestan perfectamente á ser más ó menos exageradas.

Hacia los años de 1874, cuando la Corta de los Jerónimos puede decirse se encontraba solamente iniciada, presentando á bajamar anchuras de 18 á 20 metros, y profundidades de 2 á 3 metros, pasaban por ella buen número de buques de vela y de vapor, si su calado permitía recorrerla aprovechando la profundidad existente en plea, que era como de unos cinco metros.

No consta de una manera fehaciente si en estas condiciones se cruzaban los barcos de vuelta encontrada, aprovechando la anchura de aguas que había en pleamar, que era de unos 25 metros; pero parece probable que algunas veces se cruzaran, porque, sí se sabe de un modo cierto que no existían señales, ni ninguna forma de aviso que indicara á los navegantes si las aguas de la Corta se encontraban ó no expeditas.

Desde el año 1874 á 1880 se ejecutaron trabajos de ensanche de la Corta, interrumpiéndose su navegación mientras las dragas permenacían en trabajo, ya porque con sus cadenas de longo y codera barreaban el paso de otras embarcaciones, ya porque se temieran los abordajes que pudieran ocurrir al material de limpia.

Á fines de 1880 la Corta tenía unos cuarenta metros de anchura y fondos de 12 á 13 piés ingleses á bajamar, permitiéndose oficialmente el paso de buques por sus aguas, reglamentándolo por medio de señales que se colocaron en las dos bocas, que prohibían el paso de los buques cuando las dragas estaban en trabajo, con sus cadenas tesas, ó cuando se encontraba dentro de la Corta un buque que navegaba en opuesta dirección á la del que intentaba penetrar en ella.

Desde los primeros momentos fueron desobedecidas, en algunas ocasiones, las reglas de navegación de la Corta antes citada; pero, á medida que avanzaba la obra de ensanchamiento, eran más numerosas las infracciones, hasta el extremo de que en los dos ó tres últimos años, inmediatamente anteriores á la terminación de las obras de ensanche, á 100 metros, que tuvo lugar en 1888, casi se dejó de dar parte á las Autoridades de Marina de la inobservancia del reglamento de navegación de la Corta.

Además, consta de un modo fehaciente que desde el año 1884 empezaron á cruzarse, antirreglamentariamente, barcos de vapor de porte, dentro de las aguas de la corta, á pesar de no presentar en esta época una anchura mucho mayor de cincuenta metros.

Claro está que, terminadas las obras de ensanche hasta 100 metros, se quitaron las señales, dejando de estar vigente toda regla especial para la navegación de la Corta de los Jerónimos.

Tales son las enseñanzas que proporciona la experiencia adquirida en la Corta de los Jerónimos.

Opiniones autorizadas sobre la anchura mínima que se necesita para navegar por el Guadalquivir.

Como opiniones locales de autoridad que pueden presentarse para dilucidar la materia, se citará la emitida en el año 1872 por una Junta, formada por el segundo Comandante de Marina de la provincia y por varios prácticos y capitanes mercantes; convocada al efecto de determinar la anchura mínima que debía darse á la canal inicial de la Corta de los Jerónimos para que permitiera el paso de dos buques, la Junta acordó que éste podía verificarse extrictamente con una anchura de agua navegable de 45,00 metros.

Los distinguidos Ingenieros Sres. Gracian y Ezcurdia, muy conocedores de las dificultades que experimentaba la navegación de la Corta de los Jerónimos con la anchura de unos cuarenta metros, estimaron en el proyecto de ensanche de ésta, aprobado por R. O. de 19 de Agosto de 1881, que el cruce de dos barcos podía hacerse en aquellas aguas con toda clase de facilidades, siempre que dispusieran de sesenta y cuatro metros de latitud en la canal navegable; por lo cual fijaron en su proyecto esta anchura para el fondo de la Corta y la de cien metros con sus taludes á la altura de la plea mar, que obtenían, proyectando los costados de la socavación con la inclinación de tres por uno.

Por último, la canal navegable en los distintos tramos de la ría del Guadalquivir presenta anchuras muy diversas, que están comprendidas hoy, lo mismo que lo estuvieron en todos los tiempos, entre latitudes de treinta metros, mínima, y á ochenta metros como máxima, y la navegación se ha verificado, y se verifica en esta ría, en las mismas condiciones y con los mismos riesgos que en todas las rías, que en todos los estuarios y que en el mar libre.

La inexorable estadística de accidentes, por abordaje, demuestra, sin la menor duda, esta afirmación.

Latitud extricta é inicial que debe darse á la Corta de Tablada por las necesidades de la navegación.

Es, pues, visto que la anchura de la canal navegable de la Corta de Tablada debería fijarse en unos setenta metros; latitud que, sin duda alguna, sería suficiente, si no estando encajonadas las aguas en la Corta, pudieran tomar en ella una extensión superficial, visiblemente mayor que la que ocupan en la canal navegable, como sucede en todos los tramos de la ría.

Cuando entre los veriles de la canal y las orillas las profundidades varían lentamente hasta llegar á cero, existiendo grandes masas de agua entre aquellos veriles y las márgenes, se aminoran mucho las resacas laterales que se ocasionan, moviéndose los barcos, al llenar las aguas el vacío que va dejando el casco del buque en su marcha; y al contrario, cuando queda poca cantidad de agua entre el costado del buque y la orilla, descienden rápidamente las aguas provocando corrientes laterales, que siguen por el casco hasta llegar al timón, perjudicando el gobierno del buque.

Por esta razón debe considerarse como anchura extricta, ante las necesidades de la navegación de la Corta, la de ochenta metros; dentro de la cual, al cruzarse dos barcos de porte, de doce ó catorce metros de manga, dispone cada uno de cuarenta metros de canal ahondable, suficiente para navegar sin peligro, si moderan su velocidad, conservando solamente la necesaria para gobernar, con objeto de disminuir las resacas laterales; sin perjuicio de que, á lograr este fin, puede contribuir la precaución de no acercarse demasiado á la orilla.

Aunque sea natural y lícito, en extremo, ocuparse en este lugar de los efectos de las resacas laterales, debidas á la proximidad á la orilla, conviene también no exagerar, dándole extraordinaria importancia; pues, en muchos tramos de la ría, la canal está inmediata y tocando á la orilla, y por ella navegan y en ella se cruzan los barcos sin grave inconveniente.

Por consiguiente, y en virtud de todo lo expuesto, no perdiendo de vista las anchuras que se han dado á los canales marítimos construídos en el extranjero, y teniendo más presentes las experiencias adquiridas en la ría del Guadalquivir, podremos fijar en ochenta metros, á bajamar, la latitud con que debe iniciarse la apertura de la Corta de Tablada; en la inteligencia de que, si bien debe considerarse extricta, ante las necesidades de la navegación, nadie puede

desconocer que es la necesaria y suficiente para que ésta se realice sin peligro y con relativa comodidad.

ANCHURA Y PROFUNDIDAD DEFINITIVAS DE LA CORTA DE TABLADA.

La anchura holgada, cómoda y exenta de todo peligro, debe fijarse para la canal y fondos navegables en más de cien metros, y para la superficie de las aguas, en ciento cuarenta ó ciento cincuenta metros.

En un canal de esta sección transversal se navegará perfectamente, como en la Corta actual de los Jerónimos, sin temor á las resacas laterales, sin riesgos de abordajes y contando con la posibilidad de hacer sin inconveniente alguno la virada dentro de sus aguas.

Del mismo modo, si la profundidad extricta del tramo de Corta, que se ha fijado en seis metros y medio, se llevara á siete y medio ú ocho metros, tendríamos la profundidad definitiva, que ofrecería todas las facilidades posibles para navegar y fondear en cualquier estado de marea.

Para terminar, pues, con lo relativo á las anchuras y profundidades de la Corta desde los puntos de vista que interesan á la navegación, habrá que tomar, al definir las obras, la precaución de hacer posibles, con el tiempo y en todos los casos, la ampliación de la anchura de ochenta metros con que se inicia, hasta la de 140 ó 150, que se considera amplia y definitiva, y el aumento de la profundidad de seis metros y medio con que se proyecta su apertura hasta la de 7'50 á 8'00 metros.

ANCHURA CON QUE DEBE INICIARSE LA APERTURA DE LA CORTA DE TABLADA POR RAZONES DE CONVENIENCIA DEL RÉGIMEN.—AUMENTOS DE ANCHURA Y DE PROFUNDIDAD DE LA CORTA DE LOS JERÓNIMOS.

Desde el punto de vista de las conveniencias del régimen, que están representadas por la necesidad de que en la Corta de Tablada se eviten aterramientos, manteniéndose, por lo menos, las anchuras y profundidades con que se hace su apertura, se debe empezar por recordar que en la Corta de los Jerónimos, análoga á la que ahora nos ocupa, desde el momento en que tuvo una anchura de cien metros, en pocos años, su profundidad, que era de 5'60 metros, término medio, llegó á la de ocho metros y medio en bajamar, y su anchura fué creciendo hasta alcanzar en la actualidad la de ciento treinta y cinco metros.

Después conviene hacer observar que las barrancas de la Corta de los Jerónimos tienen, sobre la bajamar, una altura de unos cuatro metros, siendo la profundidad de las aguas, en estado de avenidas extraordinarias, de doce á trece metros; y la altura de barrancas en la Corta de Tablada, sobre la bajamar, será de seis á ocho metros, y la profundidad, en avenidas extraordinarias, llegará á unos quince ó diez y seis metros.

CIRCUNSTANCIAS QUE FAVORECEN EL RÉGIMEN PROBABLE DE LA CORTA DE TABLADA PARA AUMENTAR SUS INFLUENCIAS FAVORABLES.

Estas diferencias en las alturas de barrancas y en las profundidades de las dos Cortas, y la circunstancia de encontrarse la de Tablada en una región de cauce, en que las pendientes del fondo y de la cara de avenidas son mayores que las que existen en la Corta de los Jerónimos, favorecen con relación á ésta el valor de las velocidades, y por consiguiente, aumenta la importancia de los elementos que, produciendo socavaciones y limpias, tienden á aumentar y á conservar las anchuras y profundidades.

CIRCUNSTANCIAS QUE DESFAVORECEN EL RÉGIMEN DE LA CORTA DE TABLADA.

En cambio, en la Corta de los Jerónimos, y una vez que se le dió la anchura de cien metros, y en todos los tiempos posteriores, penetró por ella naturalmente una buena parte de las aguas que en estiaje y avenidas conducía la ría, sin que nadie se preocupara de dejar, en el brazo secundario que formaba el antiguo cauce, mayor ó menor cantidad del caudal total, y sin que nadie tampoco hiciera esfuerzos de ningún género para aumentar esta cantidad, ni para partir las aguas entre la Corta y el antiguo brazo, en esta ó en la otra proporción.

Hasta tal punto es esto cierto, que todavía hoy en el estiaje, y principalmente en las avenidas, pasa por el antiguo cauce una parte importante de las aguas que en ambos estados lleva la ría.

Mas al introducir las aguas en la Corta de Tablada, partiendo las de estiaje y avenidas entre ésta y el cauce actual, se carece en cierto modo de la libertad de que se disponía en la Corta de los Jerónimos, por ser indispensable

tratar de conservar en el trozo de cauce antiguo, comprendido entre las puntas de los Remedios y del Verde, la navegación de 18 á 19 piés que por él tiene actualmente lugar.

RAZONES QUE ACONSEJAN TRATAR DE CONSERVAR LA NAVEGACIÓN EXISTENTE HOY POR EL CAUCE ANTIGUO.

La razón para pensar en conservar esta navegación es obvia. Los pueblos ribereños de Gelves y San Juan de Aznalfarache tienen algunos intereses creados por virtud de ella; no es difícil tampoco que, en lo sucesivo, aparezcan otros más importantes, representados por embarque de minerales ó de otras mercancías que yacen en la margen derecha, y claro es que no hay por qué anular estos derechos, ni por qué perjudicar estos intereses, presentes ó futuros, mientras no se demuestre, de un modo práctico y definitivo, que hay que menoscabarlos ó que destruirlos, por razón de ser incompatibles con los más cuantiosos é importantes que servirá la Corta de Tablada, representados por la navegación de 23 piés y por el emplazamiento del puerto de Sevilla.

POSIBILIDAD DE LOGRAR EL RÉGIMEN NECESARIO EN LA CORTA Y EN EL CAUCE ANTIGUO.

Pero dado por una parte que la Corta de Tablada ha de tener una anchura de ochenta metros y una profundidad de seis y medio, ambas extrictas, y que se aspira á que las dos aumenten hasta alcanzar los valores máximos antes indicados, conservándose, en ambos casos, por la acción de las corrientes, y aun lo que sería mejor, llegando á alcanzar aquellos valores por la acción natural de las velocidades; y dado, por otra parte, que en el cauce secundario las velocidades de sus aguas deben ser, á su vez, las suficientes para mantener las profundidades que requiere la navegación de 18 á 19 piés, se ocurre inmediatamente preguntar: ¿Será suficiente, para producir todos estos efectos, el caudal de estiaje y de toda clase de avenidas de la ría del Guadalquivir? Caso afirmativo, ¿en qué proporción han de partirse las aguas para conseguir á un tiempo en la Corta y en el cauce antiguo los efectos antes indicados?

A la primera pregunta puede contestarse afirmativamente con grandes probabilidades de acierto. Lo acaecido en la Corta de los Jerónimos, abierta en terrenos de composición mineralógica, igual á la que existe en aquellos en que se va á abrir la Corta de Tablada; el conocimiento de detalle de la manera cierta, aunque lenta, con que estos terrenos se diluyen y socavan, convirtiéndose las arcillas paulatinamente en fangos finos, y la consideración del caudal, todavía grande, que, tanto en estiaje como en avenidas, no penetrando aún en la Corta de los Jerónimos, pasa todavía por el antiguo cauce, lo cual no ha sido obstáculo para que se hayan presentado en dicha Corta los fenómenos de socavación, ciertos é importantes, antes mencionados, conducen á formar la apreciación sintética, pero segura, de que, utilizando bien el caudal de avenidas que ha de pasar por la Corta de Tablada y por el cauce actual, se ha de contar con elementos más que suficientes para lograr en esta Corta un régimen activo de limpia y socavación, y para producir en el cauce antiguo, convenientemente preparado, por medio de un estrechamiento obtenido por sucesivo avance de sus márgenes, las velocidades suficientes para conservar las profundidades que requiere la navegación de 18 á 19 piés, que no son, después de todo, muy importantes, pues basta que sean mayores de tres metros y medio á bajamar.

En el estado actual del cauce en los tramos de los Gordales, vuelta de Tablada y de las Pitas, se aprovechan muy mal las velocidades de las avenidas ordinarias y extraordinarias para los efectos de socavación y limpia del lecho de estiaje, ya por las vueltas y revueltas que ofrece su forma, ya porque lo bajo de la barranca de la orilla izquierda en los Gordales, y la pendiente grande que tiene la de Tablada que le sigue, ensanchan el cauce mayor y alejan las velocidades del talweg de estiaje. Estas circunstancias se hicieron notar al estudiar la sección de los Gordales, atribuyendo á ellas los escasos resultados obtenidos en la mejora de este tramo y los notables crecimientos que se han observado siempre en la punta de Tablada, que han traído como consecuencia el estrechamiento de la canal en aquella vuelta.

REPARTICIÓN DE LAS AGUAS DE ESTIAJE Y AVENIDAS ENTRE LA CORTA Y EL CAUCE ANTIGUO.

La contestación á la segunda pregunta que envuelve la cuestión de dilucidar en qué proporción se han de repartir las aguas entre la Corta de Tablada y el cauce actual, más ó menos estrechado, para que en ambos se produzcan los efectos de limpia que se desean, tampoco se puede resolver de un modo previo y analítico: hay que dejarla íntegra á la experimentación. Ella indicará, seguramente, cuál deba ser la solución, ó sea, cuáles deban ser las anchuras de las respectivas secciones transversales de entrada de las aguas en la Corta y en el cauce actual, debidamente transformado.

Estableciendo obras en la margen convexa de los Remedios y en el ángulo de bifurcación, verdadero bajamar y partidor que forma la margen derecha y recta de la Corta, con la margen izquierda y curva de la vuelta, que antes presentaba el cauce, se llevará á éste ó á la Corta la cantidad de agua que convenga.

Y claro está, el criterio con que se ha de repartir ha de ser este: Se harán penetrar en la Corta de Tablada las aguas de estiaje y de avenidas que sean precisas para producir aquellas velocidades que conserven y aumenten sus anchuras y profundidades, y se dejarán para el cauce antiguo las sobrantes, después de cumplir estos fines.

Á este cauce se le dará aquella anchura que se necesite para conservar sus profundidades con el caudal de aguas que se le dejó, ayudando con dragados los efectos de las velocidades y manteniendo por el mismo medio las profundidades que requiere su navegación, mientras los estrechamientos introducidos producen sus naturales efectos; en el bien entendido de que, al hablar de estrechamientos, se hace referencia al del cauce menor ó de estiaje, y al del cauce mayor ó de avenidas máximas extraordinarias.

ESTRECHAMIENTOS QUE HABRÁ QUE INTRODUCIR EN EL CAUCE ANTIGUO.

Por consiguiente, el tramo de ría comprendido entre el puerto y la Punta del Verde, presentará la especialidad de que, lo mismo el cauce de la Corta que el antiguo, serán estrechados y encauzados, no á la altura de las avenidas máximas ordinarias, como todos los demás de la ría, sino á la altura de las máximas extraordinarias conocidas, con el fin de no desperdiciar ni una pequeña parte siquiera de las energías de las fuerzas naturales que pueden conducir á mantener en la Corta de Tablada y en el cauce antiguo el régimen de velocidades que respectivamente necesitan.

Es decir, que para introducir las aguas por la Corta, abierta con la anchura y profundidad antes indicadas, habrá que determinar cuál sea la latitud que entonces deba tener, así el cauce de estiaje del brazo antiguo, como el cauce mayor de avenidas extraordinarias.

PROCEDIMIENTO QUE DEBE SEGUIRSE PARA DETERMINAR DEFINITIVAMENTE LA CANTIDAD DE AGUAS QUE DEBEN QUEDAR EN EL ANTIGUO CAUCE.

Realizadas las obras que producen estos estrechamientos, y después de que corran las aguas por la Corta, habrá que hacer, durante el estiaje y durante el régimen de todas las avenidas, suficientes observaciones sobre el régimen de la bifurcación, anotando la dirección de las velocidades en las secciones anteriores, subsiguientes y próximas al partidor, estimando sus valores absolutos, midiendo pendientes, calculando gastos y haciendo minuciosas observaciones sobre los efectos que se vayan produciendo en el cajero de la nueva corta y en el cauce antiguo.

Con todos estos datos se corregirán, en el sentido en que convenga y con la debida oportunidad, las obras iniciales de partición de las aguas; y una vez modificadas, repitiendo las observaciones, y volviendo á modificarlas si fuere procedente, lo mismo las del partidor que las de estrechamiento del cauce antiguo, nadie puede dudar de que con el tiempo se llegará á establecer por la Corta el régimen que se requiera para mantener y para aumentar su anchura y profundidad en el grado que se necesite, concediéndole la preferencia que exigen los importantísimos intereses que representa; ni tampoco puede nadie desconocer que, procediendo de esta suerte, si no se logra, por ser excesivos los estrechamientos ó por otras causas, mantener por el tramo antiguo la navegación de 18 á 19 piés que se desea sostener, tendrá una de menor coeficiente de calado, pero que

será la máxima que se puede conservar, perjudicando así lo menos posible el tráfico marítimo que en todo tiempo pueda existir para el servicio de los pueblos ribereños de San Juan de Aznalfarache y Gelves.

Es de advertir que si el cauce antiguo necesitare sucesivos estrechamientos, serían relativamente fáciles de conseguir, pues, indudablemente, serían exigidos por prévios aterramientos que hacen expedita y económica la ejecución de estas obras.

La partición de las aguas en la Corta de Tablada se hace, en resumen, como si no hubiera que mantener la navegación por el antiguo cauce.

Después de todo, si se estudia el procedimiento que se acaba de presentar para llegar al repartimiento definitivo de las aguas entre la Corta y el cauce antiguo, se observará que, para las conveniencias de la Corta, es perfectamente equivalente al que se ha seguido, con acierto y buen resultado, en la de los Jerónimos, ó al que estuviera representado por el barreaje total del cauce antiguo.

Porque, en efecto, con arreglo á lo que en él se establece, en todos los tiempos y en todos los casos se toma del total caudal de aguas que conduce la ría la parte que se necesita para asegurar con amplitud la satisfacción en las necesidades preferentes de la Corta, consistiendo, únicamente, la diferencia, si se compara con lo acaecido en la Corta de los Jerónimos, en que en ésta el caudal que entraba en todos los momentos por el brazo antiguo quedaba sin aprovechamiento dentro de él; y en la Corta de Tablada se trata de sacar del que penetra por el tramo de cauce, sustituído por la Corta, el mayor partido que se pueda, estrechando convenientemente, así el cauce menor como el cauce mayor de este trozo de ría.

Si se compara con el procedimiento radical de barrear totalmente el brazo antiguo, la diferencia entonces consiste en que penetraría la totalidad de las aguas por la Corta, ó la parte de ellas que fuera necesaria, antes, sin duda alguna, que por el procedimiento que se propone; pero bueno será hacer notar que la antelación no podía ser grande, porque el barreaje del caño antiguo debería siempre establecerse por recrecimientos sucesivos de sus fondos ó del dique que barreara en un tiempo relativamente largo, ya por razones relacionadas con la seguridad y permanencia de la obra, ó por otras que se fundaran en la disminución de los gastos de su establecimiento ó en consideraciones de prudencia, que serían exigidas por la razón muy fundada de no introducir tan rápida é importante alteración en el régimen del cauce mayor ó de avenidas del Guadalquivir, como supone una transformación ó desviación tan radical como la de que se trata.

Anchura primera del cauce antiguo al penetrar las aguas en la Corta.

Teniendo á la vista las consideraciones que se acaban de hacer, fundándose en apreciaciones de intuición muy difíciles de exponer y presentar, y con el fin de aminorar las dificultades que pueden presentarse en la ejecución de las obras que hay que hacer en el cauce menor, se ha fijado en este proyecto la anchura de 100 metros, menor en 40,00 metros que la que hoy presenta, como primera latitud normal del cauce de estiaje en el tramo de ría, comprendido entre las puntas de los Remedios y del Verde, que sustituye la Corta de Tablada, y en 220,00 metros la anchura general y corriente del cauce mayor de las avenidas extraordinarias.

Puede suceder que esta anchura inicial y primera de cien metros del cauce menor, sea quizás excesiva; pero por el momento, y dadas las profundidades que reinan en este tramo de ría, sería muy costoso reducirla más, sin perjuício de que no se debe tampoco hacerla más pequeña, por causa de las conveniencias de la navegación de 18 á 19 piés, que se trata de sostener en este tramo, que no se debe perjudicar en ningún caso, si no es por razones de carácter positivo y de conocimiento cierto. Además, vale más pecar por exceso en la anchura, que por defecto; pues es mucho más fácil y económico estrechar este cauce que ensancharlo, dados los procedimientos que para lo uno y lo otro hay que seguir en la ría del Guadalquivir.

Trazado de las márgenes de estre-

Determinada la latitud normal que se ha de dar al cauce de estiaje de los tramos que sustituye la Corta de Tablada, por razón de la apertura de ésta, se

ha hecho el trazado de sus márgenes, según se representa en el plano, hojas números 3 y 5, siguiendo los mismos principios é iguales reglas que han presidido al trazado del resto de las márgenes de la ría, cuyos fundamentos se expusieron prolijamente en el párrafo IV del capítulo octavo.

CHAMIENTO DEL ANTIGUO CAUCE.

Además, teniendo presente las dificultades grandes que existen para aumentar el radio de curvatura de las vueltas, y no olvidando que por este tramo ha de existir siempre, por toda clase de razones, una navegación de mucha menor importancia que la que ha de sostener el resto de la ría, se han introducido pequeñas modificaciones en las márgenes de las vueltas del Verde, de Tablada y de los Remedios, dejando la parte de estas vueltas que pertenece al cauce secundario, con radios de curvatura análogos á los que hoy presentan.

DIMENSIONES DE LA CORTA, CONSIDERADA COMO OBRA DE DEFENSA DE SEVILLA CONTRA LAS INUNDACIONES.

La Corta de Tablada ha de cumplir con una misión distinta de la de mejorar la navegación, de que no se puede prescindir, y que se relaciona de un modo bastante directo con su anchura, con su profundidad y con su régimen.

Nos referimos al aumento de desagüe, que ciertamente ha de proporcionar en las avenidas ordinarias y extraordinarias del Guadalquivir, cuyo nivel, en las proximidades de Sevilla, ha de rebajar de una manera visible.

Servicio este importantísimo, que ha de prestar la Corta, reconocido en el proyecto de las obras de defensa de Sevilla contra las avenidas del Guadalquivir, redactado por el distinguido Ingeniero Sr. D. Javier Sanz y Lurrumbe, hasta el punto de que, como se ha dicho antes, la apertura de la Corta de Tablada forma parte principal del conjunto de las obras contenidas en aquel proyecto.

Obliga esta consideración á iniciar las obras de apertura de la Corta de Tablada, con aquella anchura y con aquella profundidad que desde el primer momento sean suficientemente grandes para influir en el rápido desagüe y en el nivel de las avenidas; circunstancias que, á no dudar, reunen las anchuras y profundidades asignadas á la Corta, justificadas anteriormente por razones de navegación y régimen; pues claramente se ve la importancia del caudal que puede pasar por ella. Este, con una velocidad media de cuatro millas por hora, equivalente á 2,05 metros por segundo, puede llegar á alcanzar, en las avenidas extraordinarias, hasta ciento noventa y ocho millones de metros cúbicos en veinticuatro horas.

DEMOSTRACIÓN DE QUE NO SE HA OLVIDADO LA ECONOMÍA AL FIJAR LAS DIMENSIONES INICIALES DE LA CORTA.

Para terminar con la justificación de las dimensiones que en este proyecto se asignan á la Corta de Tablada, al iniciar su apertura conviene hacer notar que la razón de economía se ha tenido muy presente, no sólo porque á la excavación se le han dado las dimensiones extrictas bajo todos puntos de vista, sino también porque á las fuerzas naturales se les ha reservado la misión de concluir su apertura, llevando las anchuras y profundidades á las dimensiones definitivas, tomando las precauciones al efecto necesarias, fundándose en la inapreciable experiencia proporcionada por la Corta de los Jerónimos.

Ya se ha dicho que la Corta de los Jerónimos se dejó, al tiempo de la recepción de las obras, con una profundidad de 5,60 metros, y una anchura media de 104 metros, y que pocos años después alcanzó, respectivamente, la de 8 y 135 metros; será, pues, lícito esperar que, en poco tiempo, la Corta de Tablada, que se abre con ochenta metros de latitud y seis y medio de profundidad, llegue á tener, respectivamente, una profundidad de ocho metros á bajamar y una anchura de ciento veinte á ciento treinta metros, en cuya situación satisfará cumplidamente, así las necesidades de la navegación de 23 piés de calado efectivo, como las de régimen, relacionadas con la permanencia de sus fondos, como las de facilitar el desagüe de las inundaciones, contribuyendo de esta suerte á la defensa de Sevilla.

VIRADA DE LOS BARCOS EN EL PUERTO Y EN LA CORTA DE TABLADA.

Con esta anchura definitiva podrán virar los barcos dentro de la Corta. Con la inicial sólo podrán hacer esta maniobra aquellos cuya eslora sea menor de 85 metros. Esta deficiencia, que á primera vista parece importante, no tiene, en realidad, valor alguno; así lo demuestran el hecho de existir, en los canales de Suez, Corinto y otros, y la consideración de que la anchura con que se va á iniciar la Corta ha de permanecer muy poco tiempo, pues inmediatamente han de presentarse socavaciones que progresivamente han de incrementarla en toda su longitud.

Además, para que los barcos de todas dimensiones puedan realizar su virada, se propone la construcción de un muelle de atraque, de entramado metálico, especialmente destinado á este efecto, emplazado aguas arriba del nuevo muelle de carga y descarga. (Véase el plano, hoja número 5.)

§ VIII

TRAZADO GENERAL DE LAS MÁRGENES DE MEJORA DEL CAUCE

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS MÁRGENES PROYECTADAS.

Con lo expuesto en párrafos anteriores se ha creado suficiente doctrina para proyectar el trazado de mejora de las márgenes de toda la ría.

En los planos, hojas números 3 y 4, se han representado con línea roja gruesa las márgenes adoptadas; y aunque no es difícil deducir á simple vista las razones que motivan la disposición adoptada en cada lugar, se hará aquí una ligera justificación, que se referirá, principalmente, á aquellos tramos que se consideren más interesantes.

Se ha empezado el trazado al final del actual puerto de Sevilla, conservando la posición y dirección de sus márgenes.

CORTA DE TABLADA Y CAUCE ANTIGUO QUE COMPRENDE.

Inmediatamente se presenta la Corta de Tablada, la bifurcación que producirá con el cauce actual y las nuevas márgenes de este cauce. La justificación de los trazados de la Corta y del cauce modificado acaba de ser presentada en el párrafo anterior, por lo que se hará aquí solamente mención de los accidentes que son influídos por la Corta.

ARROYO TAMARGUILLO.

El arroyo Tamarguillo desemboca muy al principio, ó más bien antes de la Corta, y no hay por qué alterar las condiciones en que lo hace actualmente, ya por su poca importancia, ya porque, cualquiera que ésta sea, está ordenada la desviación de esta arroyada al Guadaira en el proyecto aprobado de las obras de defensa.

RÍO GUADAIRA.

El río Guadaira queda dividido por el nuevo cauce que representa la Corta, encontrándola en una dirección casi normal, muy apropiada para producir alteraciones en sus aguas, perjudiciales al buen régimende esta corriente.

Habrá, pues, necesidad de abrir una entrada tangencial á la nueva Corta, que se representa en el plano; pero la ejecución de este nuevo cauce curvilíneo del Guadaira no obliga, á juício del autor del proyecto, á cerrar por completo el existente; más bien conviene dejar abiertos los cauces actuales, persiguiendo el fin de alterar lo menos posible el juego de la marea y de las avenidas en este lugar, sin perjuício de reservarse la ejecución de las obras que sean necesarias, poco importantes desde luego, y que haga falta establecer en la bifurcación á que dan lugar los cauces, actual y desviado, del Guadaira, para obtener con la penetración de sus aguas en la Corta, aquel régimen que se vea es necesario para no perjudicar, ni la navegación, ni las conveniencias del régimen propio de la Corta.

Además, en todo tiempo puede procederse á cegar los cauces de este río en una y otra orillas, si se viera que era indispensable hacerlos desaparecer.

SERVIDUMBRES MODIFICADAS POR LA CORTA DE TABLADA.

La Corta de Tablada impide el uso de los caminos de servidumbre pública que dan paso á las propiedades comprendidas entre la Corta y el cauce antiguo; entre éstas se encuentran, (véase el plano, hoja número 5), la del Cortijo del Batán, de la Sra. Viuda de Camino y de los Sres. Basilio del Camino y Hermanos; el paso á la dehesa de Tablada, propia del Estado, que el Excmo. Ayuntamiento de Sevilla emplea, como usufructuario, en la parada y estancia de los ganados destinados al abastecimiento público y á sus renombradas Ferias.

Quedan también sin comunicación el pago de huertas de naranjal comprendido por la Dehesa de Tablada, el cauce actual de la ría y el del Guadaira, así como los cortijos y tierras que están en el lado derecho de la Corta.

PUENTE GIRATORIO Y DESVIACIONES DE CAMINOS.

Para restablecer estas servidumbres se proponen en principio las obras necesarias, que consisten en la construcción de un puente giratorio para el camino que se llama de Tablada ó de las Huertas, cuyo anteproyecto especial figura entre los documentos de este proyecto; y se propone también la desviación de los demás caminos y la construcción de un pequeño puente sobre el Guadaira, en la margen derecha que requiere el que conduce al cortijo de Torre-Cuellar y á otras propiedades.

Todas estas obras de desviación de caminos, son de poca importancia, y se harán con arreglo á los proyectos parciales que se redacten al tiempo de la ejecución de las obras de la Corta.

RAMAL DE LOS FERROCARRILES ANDALUCES.

Por último, la apertura de la Corta de Tablada y la instalación del nuevo muelle, situado en su margen izquierda, y la de su zona de servicio, alteran, por multitud de razones, que resultan evidentes á la inspección del plano, el ramal de ferrocarril que actualmente pone en comunicación el puerto con la red de los Ferrocarriles Andaluces; será, pues, preciso abandonar el ramal actual, sustituyéndolo por el que se dibuja con una línea llena azul en el plano, hoja número 5, á que nos venimos refiriendo; y el proyecto especial de la modificación de este ramal, con el estudio de las cuestiones que envuelve de expropiación y de relaciones y derechos de la Compañía de los Andaluces con la Junta de Obras del puerto de Sevilla, se presentará con la debida oportunidad al tratarse de la ejecución de las obras nuevas de la Corta.

MÁRGENES ENTRE LA DESEMBOCADURA DE LA CORTA DE TABLADA Y LA CORTA FERNANDINA.

El trazado general de las márgenes de la ría, en su primera sección á partir de la confluencia baja de la Corta en la Punta del Verde, se ha hecho, como se ve en el plano, con arreglo á los principios establecidos anteriormente, persiguiendo el fin de crear un cauce que, reuniendo todas las buenas condiciones posibles, sirva de definitivo ideal de mejora del cauce actual, al que, desde luego, habrá que llegar con el transcurso del tiempo, pasando por estados sucesivos y por posiciones intermedias de las márgenes, más ó menos próximas á las definitivas respectivas de cada una.

En este cauce definitivo se ha tratado de aumentar el radio de curvatura de las vueltas, dando á las nuevas márgenes cóncavas forma parabólica; se han proscrito en absoluto los tramos de inflexión, intercalando tramos rectos entre cada dos curvos; se ha dado á cada tramo las anchuras determinadas por las secciones tipo correspondientes, variando las latitudes de las secciones transversales en las vueltas con arreglo á los principios establecidos en lugar oportuno.

De esta manera se han trazado las márgenes comprendidas entre la desembocadura de la Corta de Tablada y la Corta Fernandina, adoptando latitudes comprendidas entre 140 metros, anchura de la sección tipo del puerto, y 190 metros, latitud de las secciones tipo en las Cortas Merlina y Fernandina.

Además, se ha procurado ceñir las nuevas márgenes á la forma actual del cauce, aunque sin prescindir de las reglas de trazado deducidas en los párrafos anteriores.

Así, rindiendo culto á lo en ellas prescrito, se han disminuido las curva-

turas de la vuelta violenta de la punta de Hernando, trazando las márgenes, formando una vuelta de igual amplitud y curvatura que la que ha de quedar en los Olivillos, poco diferente, aunque algo mejorada, de la que existe en la actualidad, que debe considerarse produce satisfactorios resultados desde el punto de vista del régimen y bajo el aspecto de las conveniencias de la navegación.

VUELTA DE HERNANDO

El trazado de márgenes adoptado para la mejora de la vuelta de Hernando origina la ejecución de obras importantes destinadas á conseguir el adelanto de la margen cóncava y el respectivo retraso de la convexa.

Sin embargo, se ha admitido sin vacilar la necesidad de estas obras, á pesar de sus inconvenientes y dificultades, ya expuestas: primero, porque las márgenes trazadas comprenden, como se ha dicho anteriormente, una vuelta de la menor curvatura admisible; y segundo, porque en la punta de Hernando se cuenta hoy con la existencia de un importante material de excavación, completamente instalado, que está funcionando, cuyo destino no es otro que practicar las excavaciones que en cualquier momento se consideren oportunas para retrasar tanto como se quiera esta margen convexa.

Las alineaciones curvas empleadas en todas las vueltas afectan la forma parabólica, y además se han proscrito en absoluto, por ser así de conveniencia, demostrada en lugar oportuno, los tramos de inflexión, habiendo interpuesto entre cada dos tramos de curvatura de distinto sentido uno recto, cuya mínima longitud se ha fijado en 500 metros.

MÁRGENES ENTRE LA CORTA FERNANDINA Y LA BOCA BAJA DE LA DE LOS JERÓNIMOS.

Desde la Corta Fernandina hasta la de los Jerónimos se han adoptado latitudes que varían entre 190 y 210 metros.

El tramo de la Corta de los Jerónimos está en condiciones inmejorables y no necesita modificación alguna.

MÁRGENES ENTRE LA BOCA BAJA DE LA CORTA DE LOS JERÓNIMOS Y LA DESEMBOCADURA DEL BRAZO DEL ESTE.

Desde la boca baja de la Corta de los Jerónimos hasta la Horcada ó confluencia del brazo del Este, se ha adoptado una anchura de 300 metros, análoga á la de la sección tipo correspondiente, por medio de la que se prepara la latitud general del cauce para llegar á darle de una manera aceptable la de 400 metros que domina en las secciones tipo de la región baja, cuyo principio está inmediato.

A este trozo de cauce se le impone una rectificación que, aunque origina la necesidad de obras relativamente importantes, es indispensable sea admitida para evitar la inflexión que presenta en la actualidad.

MÁRGENES EN LA HORCADA, DESEMBOCADURA DEL BRAZO DEL ESTE.

Empieza el trazado de las márgenes de la segunda sección en que se ha dividido la ría en la Punta de la Horcada, que debe sufrir notable modificación con el cauce del brazo del Este á que pertenece.

Según se demostró en lugar oportuno, es indispensable desviar el último trozo de cauce de este brazo, con el fin de conseguir que sus aguas entren en el cauce principal, ocasionando las menores irregularidades posibles en el régimen y velocidades del último. Esto se consigue haciendo que penetren en la misma dirección que llevan las del cauce, para que, al componerse las respectivas velocidades, se sumen fácilmente sin crear obstáculos que las hagan cambiar bruscamente de dirección, ocasionando en las aguas movimientos irregulares.

Habrá, pues, que trazar la margen derecha del brazo afectando la forma de una parábola tangente á la margen izquierda de la ría, que no podrá menos de ser de gran curvatura, y aún deberá penetrar algo en el cauce principal, para que, en virtud de las fuerzas vivas, se prolonguen en este último las influencias propias de sus últimos elementos.

La margen izquierda del brazo del Este habrá de unirse también tangencialmente á la izquierda del cauce principal; deberá dejar gran anchura en la sección del vértice de la parábola de la margen opuesta, y su propio vértice deberá quedar algo más aguas arriba del de la margen cóncava, con objeto de que las aguas penetren suavemente en el brazo, y con el fin de que los aterramientos que necesariamente se han de formar sobre ella queden todos dentro del brazo secundario no navegable.

El trazado que aparece en el plano para la nueva confluencia del brazo del Este, satisface indudablemente á estas condiciones, y, además, á la de evitar el estrechamiento de las secciones hoy existentes en este lugar, y exige, por otra parte, pocas expropiaciones.

MÁRGENES DEL TRAMO DE LA BAJERÍA DE LA MATA.

A partir del punto de tangencia de la margen izquierda del caño con la de la ría, las secciones transversales comienzan á tener la anchura de 400 metros, asignada á las secciones tipo de esta región, conservándose la margen cóncava actual en todo este trozo, pues tiene forma muy aceptable, hasta aguas arriba del caño del Hambre, en que se intercala una alineación recta, exigida por el cambio de sentido de la curva de la punta de la Mata.

En el tramo á que pertenece la margen cóncava que se acaba de mencionar, la margen convexa se ha trazado con la condición única de mantener casi uniforme la anchura de 400'00 metros.

Con este trazado, y con el ensanchamiento introducido en la confluencia, no sólo se impide el crecimiento de la parte de bajería de la Mata, que queda dentro del cauce, sino que se adquiere la seguridad, demostrada ya en este capítulo, de que las velocidades del nuevo cauce, de anchura uniforme, acabarán con ella, creando un fondo de profundidades sensiblemente uniforme de 8'00 á 8'50 metros, contados desde la bajamar.

Por otra parte, como se verá más tarde, las obras que hay que ejecutar para crear las márgenes trazadas, son de poco valor y de un establecimiento bastante rápido.

MARGEN DE LA VUELTA DE LA MATA.

Al tramo curvo de la bajería de la Mata, que se debería llamar de Betalengua, sigue un largo tramo recto, y á éste la vuelta de la punta de la Mata. Su margen cóncava tampoco necesita modificación, y la margen convexa se ha trazado con la condición de aumentar en 10 metros la anchura de la sección transversal del vértice, haciendo la debida aplicación de lo demostrado en párrafos anteriores.

MÁRGENES DEL TRAMO DEL ISLETÓN Y BAJERÍA DE TARFÍA.

A la vuelta de la Mata sigue el largo tramo de la bajería de Tarfía. Sus márgenes se han trazado con dos alineaciones rectas que forman un ángulo muy abierto hacia la mediación del Isletón; la derecha se ha aproximado á la barranca actual, á cuyo pié corre la canal navegable; y la izquierda, distante 400,00 metros de ella, se ciñe también á la barranca del Isletón, que no debe sufrir alteración alguna.

Sobre este tramo deben hacerse iguales consideraciones que las presentadas para la bajería de la Mata ó de Betalengua. El régimen del nuevo cauce producirá profundidades permanentes de 8'00 á 8'50 metros; hará, con el tiempo, desaparecer de su fondo el bajo, por sí solo y sin ninguno ó con muy pequeño auxilio de las dragas, y las obras ejecutadas en la margen izquierda para establecer la nueva margen no tienen tampoco importancia suficiente para ser especialmente consideradas al proyectar la margen.

MÁRGENES DE LAS VUELTAS DE LOS CAÑOS DEL YESO Y DE QUERO.

La margen cóncava de la vuelta del caño del Yeso, que sigue al tramo de Tarfía, se modificará lo suficiente para que se una tangencialmente con la larga alineación recta que le antecede; y la margen convexa debe adelantarse hacia la cóncava para aumentar las profundidades existentes en la parte de cauce de aguas abajo del Yeso, que son menores que las que han de quedar ciertamente en el tramo de Tarfía y que las que existen en el caño de Quero.

MÁRGENES DESDE EL CAÑO DE QUERO Á BONANZA.

La región de ría comprendida entre este último caño y la desembocadura marítima, aunque tiene márgenes que no son un modelo de regularidad, y fondos que varían entre límites muy extensos, no necesita, por ahora, y según se demostró en lugar oportuno, el establecimiento de ninguna obra de mejora para satisfacer cumplidamente las necesidades de la navegación de 23 piés que se debe establecer por virtud de este proyecto.

Por lo demás, si se tratara de regularizar sus márgenes, obteniendo la consiguiente uniformidad en la variación de sus fondos, pudiera adoptarse el tra-

zado y ejecutarse las obras que se dibujan en el plano, hoja número 4, con línea de trazos.

Sobre estas obras conviene advertir que su importancia económica sería muy manejable, si bien resultaría probablemente lento el proceso de su ejecución.

Navegación que permite seguramente el cauce comprendido por las márgenes adopatdas.

El cauce total de la ría comprendido por las nuevas márgenes, cumplirá, pues, sin duda alguna, á juício del autor del proyecto, la misión primordial que se le confía, y que consiste en mantener en toda su longitud, y de un modo aceptable, las profundidades necesarias para realizar la navegación de 23 piés de calado en mareas ordinarias, cogiendo dentro de la ría dos pleas consecutivas.

Mas al tratar de las profundidades que debía haber en las distintas secciones principales, se dedujeron de la hipótesis de que la navegación de la ría se había de hacer en dos singladuras, aguardando dos pleas y fondeando en la Mata durante cinco ó seis horas.

Navegación que, probablemente, se hará por el cauce que se proyecta á poco de establecerse las márgenes adoptadas.

Allí también se hizo la promesa, que ahora se va á cumplir, de avalorar exactamente la realidad del inconveniente que resultaba de tener que hacer la navegación de salida de la manera indicada, es decir, en dos pleas y fondeando en el bajo de la Mata; y, en efecto, se ha dicho que las profundidades de los tramos de la Mata y Tarfía, hasta el caño de Quero, deben ser muy probablemente de 8'00 á 8'50 metros, porque de tal naturaleza se crean por sí solas con el tiempo en aquellas regiones y en las secciones transversales que tienen anchuras de 400 metros.

Abona la realización de esta probabilidad, convirtiéndola casi en seguridad, la consideración de que en aquellos tramos de cauce se va ahora á introducir por primera vez la regularidad de que hasta ahora han carecido; y la práctica ha demostrado que en todos los lugares del Guadalquivir han sido grandísimos los resultados producidos por las primeras obras de encauzamiento ejecutadas.

No hay, pues, que esperar que sea necesaria en estos tramos la ejecución de importantes dragados para llegar á hacer permanentes profundidades de 8'00 á 8'50 metros á bajamar.

En este caso, por demás probable, no habrá necesidad de que los barcos de salida se detengan en el fondeadero de la Mata; por el contrario, podrán seguir perfectamente su derrota, encontrando las profundidades convenientes para atravesar las regiones de la Mata, de Tarfía y del Caño de Quero, llegando al Puntal en bajamar; véase el gráfico. (Anejo número 1.)

Si continuasen su navegación, llegarían, ciertamente, á los bajos fondos del Caño de las Nuevas y de aguas abajo de la Punta de los Cepillos, en estado de mareas próximos á la baja, y en ocasión, por consiguiente, en que les faltarían algunos piés de profundidad.

Pero, si por un lado se ejecutaran pequeños dragados de una profundidad como de tres piés en una extensión de unos 300 metros en las profundidades algo escasas del tramo del Caño de las Nuevas, y si por otro fondearan en la región del Puntal durante un período de hora y media á dos horas, volviendo á ponerse en marcha, pasarían, como se demuestra en el gráfico, en marea creciente y con altura suficiente para llegar á Bonanza con más de hora y media de antelación á la de la plea en los bajos de fuera, por los que deben navegar antes de que se entable le vaciante.

De esta suerte ganarían una marea para la salida, llegando al mar en la plea siguiente á la que encontraron en la región alta de la ría, hacia la Compañía; es decir, que la navegación de salida desde Sevilla al mar libre se haría en unas once horas.

Nuevo fondeadero que exige la navegación que se considera.

Pero los barcos no deberían fondear en el Puntal, sino algo más aguas arriba, en el lugar que se indica en el gráfico y en el plano, designándolo con el nombre de *Nuevo fondeadero*.

En resumen: el trazado de márgenes adoptado en este proyecto y las obras

que en él se van á estudiar y comprender aseguran la creación de un cauce navegable para los barcos de 23 piés de calado, realizada en el período de dos pleas dentro de la ría, y necesitando aguardar la presentación de una tercera para salir al mar; pero es más que probable que los resultados obtenidos con aquellas márgenes y obras sean suficientes para que la navegación de salida de los barcos de 23 piés se haga de tal manera que encuentren éstos en la ría solamente una pleamar, cogiéndoles en la mar libre la plea inmediatamente siguiente, y ganando así diez ó doce horas en su marcha y derrota.

Observación general sobre los resultados del cauce proyectado.

Parece raro á primera vista que sean tan poco concretos los resultados de un proyecto, pero las circunstancias y el caso del actual así lo exigen, usando de prudencia antes de aceptar la necesidad de ciertos gastos.

En efecto, hasta que no resulte patente y comprobada la posibilidad de hacer navegable á 23 piés el cauce del Guadalquivir desde Sevilla á la Mata; hasta que no se vea con absoluta certeza cuáles son las profundidades que quedan con las obras á ejecutar en las bajerías de la Mata y de Tarfía y en las secciones de la pasada del Caño de Quero, no procede proyectar, ni es prudente ejecutar, las obras que tuvieran por misión crear fondos en los tramos posteriores al Puntal, destinados á proporcionar á la navegación de 23 piés un desahogo de tiempo y de profundidades, para pasar por estas regiones y la desembocadura, mayor del que ahora se dispone, ya que será, muy probablemente, el necesario y suficiente para lograr el objeto que se desea, que no es otro que el que los barcos salgan al mar, después de atravesar en las proximidades de la baja los tramos de la Mata y Tarfía, en la plea inmediata á la que encuentran en la región alta del cauce.

§ IX

Obras que deben ejecutarse para crear las márgenes del cauce mejorado

Las márgenes trazadas representan la barranca del cauce de grandes avenidas ordinarias ó pequeñas extraordinarias, no marcan en manera alguna el cauce de estiaje y las obras que se han de ejecutar y los procedimientos que se han de seguir para llegar á la creación de aquellas barrancas y para auxiliar á la acción de éstas sobre el fondo de la ría, á pesar de la importancia que suponen unas y otras obras, y de los enormes volúmenes de excavación y de aterramiento que envuelve su ejecución, se van á justificar con relativa brevedad, pues las propuestas del proyecto que á estos fines se dirigen, se basan, en su esencia, en los resultados de la experiencia adquirida, cuyas enseñanzas de detalle no se pueden exponer al pormenor en esta Memoria.

Los datos experimentales existen solamente para las obras referentes á la primera región, que se comprende entre Sevilla y la Horcada; para establecer las obras de la segunda región se carece de todo antecedente de experiencia, adquirida de una manera directa, y se cuenta solamente con las enseñanzas proporcionadas por las obras construídas en la primera, que deben modificarse más ó menos al adaptarlas á las obras de la segunda, teniéndose en cuenta las variaciones de régimen y las distintas condiciones que las caracterizan.

Obras de la primera sección de la ría. —Modificación de las secciones por estrechamiento.

Para realizar la regularización y el encauzamiento actuales de la primera sección, se han llevado las márgenes, desde la posición que ocupaban antes de emprender las obras de mejora de aquella parte de la ría, hasta la posición que hoy tienen, por medio de obras de entramados de madera rolliza, rellenos de ramaje, dispuestos generalmente en forma de faginas.

Ejecutando dragados, de poca importancia relativa, se ha auxiliado la acción que las márgenes debían ejercer sobre el fondo.

El abrigo producido por las obras de entramado ocasionaba depósitos, en que se hacían plantaciones de especies adecuadas, las que, no solamente con-

solidaban los aterramientos obtenidos, sino que provocaban otros, al anular ellas mismas en su emplazamiento las velocidades de las sucesivas avenidas.

Tal es, en esencia, el procedimiento hasta aquí seguido por todos los Ingenieros que han dirigido las obras ejecutadas en la primera sección del Guadalquivir.

ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN LA INTENSIDAD EFICAZ DE LAS OBRAS.

Descartando aquellas circunstancias de carácter accidental que influyen en los resultados de esta clase de obras, y que son principalmente las que se derivan del régimen que haya tenido lugar, dependiente del número é importancia de las avenidas acaecidas en el período que se considere, y las que se fundan en la índole de la mejora que en cada época y en cada punto se haya tratado de obtener, se puede sentar la conclusión, perfectamente comprobada en la práctica, según de un modo general se demostró en el párrafo XIV del capítulo segundo (Historia de la navegación de la ría del Guadalquivir, de las obras ejecutadas para su mejora y enseñanzas que de ellas se deducen), que los resultados obtenidos en todas partes, con las obras hasta la fecha ejecutadas, ha dependido de la intensidad eficaz de las que se hayan construído.

Influyen en esta intensidad eficaz varios elementos, á saber: primero, la longitud de la zona de ría en que de una vez se han ejecutado obras, formando un sistema capaz de influir en el régimen de las aguas de avenidas ordinarias del tramo que ha de mejorarse; segundo, la manera de trazar y disponer el conjunto de las de entramado en cada una de las dos márgenes; tercero, la resistencia de los entramados de madera rolliza que se han empleado en cada lugar y la altura hasta donde se han hecho los rellenos de faginas; cuarto, la oportunidad é importancia con que se hacen las plantaciones; y quinto, el volumen de los dragados que se ejecuten, sea para iniciar en las velocidades direcciones convenientes para lograr los efectos que se buscan con la corrección de las secciones transversales, sea para crear profundidades que adelanten, en cierto modo, los efectos encomendados á las obras ejecutadas en las márgenes.

LONGITUD DE CAUCE Á QUE DEBE EXTENDERSE EN CADA CASO LA EJECUCIÓN DE OBRAS.

La longitud de la zona de ría en que se han de construir á un tiempo los entramados, debe ser evidentemente la necesaria para modificar el régimen en la longitud de cauce que se necesite para producir los efectos que en cada caso se hayan de conseguir en uno ó varios puntos especialmente determinados.

TRAZADO Y DISPOSICIÓN DE CONJUNTO DE LOS ENTRAMADOS DE LAS MÁRGENES.

La manera de trazar y disponer el conjunto de las obras de entramados en cada una de las márgenes tiene capital importancia.

Distintos sistemas y procedimientos se han empleado en el largo período de tiempo en que se han ejecutado por diversos Ingenieros obras para mejorar la ría.

No pudiendo detallarlos todos en este lugar, haciendo además el estudio comparativo de su resultado, porque la exposición de esta materia sería larga y penosa por demás, nos limitaremos á presentar aquí el resultado resumen de las enseñanzas de certeza indudable, deducidas de la experiencia adquirida en todos los tiempos.

La disposición y trazado de los entramados, que se fundan en la creación de un dique longitudinal, emplazado en la posición final y definitiva que se desea ocupe la margen de que se trate, ligado á esta margen por medio de suficiente número de espigones transversales, ha dado brillante resultado.

En todos los puntos en que este sistema de entramados ha sido empleado, los aterramientos han sido considerables, hasta el extremo de llenarse completamente en una sola avenida los espacios comprendidos por los entramados y por la margen, hasta la altura en que reinaba el abrigo producido por los rellenos de ramaje, que era la de plea viva ordinaria.

Y nótese bien: este resultado ha sido independiente del espacio comprendido entre el dique longitudinal y la margen, habiéndose obtenido lo mismo cuando la distancia entre éstos y aquélla era de 13'00 metros que cuando era de 8 ó 10; en uno y en otro caso, los aterramientos han llegado hasta tapar com-

pletamente los entramados de los diques transversales. Á las veces, cuando el dique longitudinal no tenía hinca suficiente, los aterramientos, de una altura de dos y tres metros, han vencido el dique, dándole fuerte inclinación hacia el cauce.

Con el sistema de espigones transversales aislados, sin dique longitudinal, no se han obtenido jamás resultados semejantes. Cualesquiera que hayan sido las avenidas acaecidas y las circunstancias del régimen, los aterramientos resultantes en este caso han quedado limitados á los conos formados en los cuatro ó cinco primeros metros del origen de los espigones transversales, cualquiera que haya sido su longitud y la equidistancia entre ellos. El resto de longitud de margen comprendida por cada dos espigones ha sido poco recrecida, y la demás superficie de playa limitada por los espigones y la bajamar ha tenido un recrecimiento apenas sensible.

De análoga manera, el empleo del dique longitudinal, aislado de la margen, sin la construcción de diques transversales, no ha producido grandes aterramientos, y hasta se ha presentado con frecuencia socavación en la margen que se trataba de defender y aterrar.

La explicación de todos estos fenómenos es, por demás, sencilla. Tienen lugar los aterramientos en la base ó fondo de aquellos volúmenes de la masa de aguas de las avenidas en que casi se anulan las velocidades.

Esto sentado, fácilmente se ve que, lo mismo en el caso de los espigones transversales sin dique longitudinal, que en el caso en que éste sea únicamente el establecido, las velocidades de las avenidas ordinarias y extraordinarias no son anuladas en toda la región de fondo comprendida por estos entramados; porque quedando éstos muy bajos con relación á la altura que toman las aguas, la zona de abrigo que realmente se crea en la margen, que durante la avenida hace de fondo, es muy pequeña, por encontrarse invadida ya por las velocidades de fondo, que penetran por los espacios no cerrados por entramados, comprendidos por las puntas de dos espigones consecutivos, ya por las que se originan y nacen de las velocidades de superficie que corren por detrás de los diques longitudinales durante largo espacio, sin encontrar obstáculo alguno.

Se comprende, en efecto, que cuando en una corriente las velocidades son grandes y, además, es notable su profundidad, el obstáculo que se cree en el fondo al paso de las aguas se haga insensible, si es pequeña su altura, en las velocidades superficiales; y, además, se ve claramente que la corriente recobrará, á los pocos metros de salvar el obstáculo del fondo, el régimen de velocidades que presentaba antes de llegar á él; por esta razón se necesita interponer en el fondo un nuevo obstáculo á la marcha de las aguas, después que éstas hayan recorrido cierta longitud á partir del primero, si se quiere que continúe la anulación de las velocidades de fondo que se determinó con éste.

De aquí la necesidad de ligar el dique longitudinal á la margen por medio de diques transversales, que distarán entre sí una longitud menor cuanto mayor sea el valor absoluto de las velocidades de la superficie.

Altura de los rellenos de faginas dentro de los entramados.

Claro está que, no siendo otra la misión de los entramados que sostener los rellenos de faginas, que son los que producen el abrigo y el obstáculo á la marcha de las aguas, cuanto mayor sea la altura de estos rellenos, mayor será la eficacia de las obras, no sólo porque de esta suerte serán más grandes los obstáculos que oponen á las velocidades, sino también porque en gran manera conviene aumentar la altura en que se produce abrigo, dentro de lo que toman las avenidas ordinarias, para aminorar las influencias de las velocidades superficiales sobre las velocidades de fondo.

Resistencia que deben presentar los entramados.

Como los entramados tienen por única misión resistir la influencia de las velocidades durante las avenidas, subsistiendo y permaneciendo principalmente mientras reinan con las intensidades máximas, necesario será construirlos con la resistencia á este efecto necesaria.

Habrá, pues, que hincar suficientemente los pilotes, según la dureza del terreno; habrá que emplearlos del diámetro que exijan los esfuerzos que han de soportar, y componer los entramados con más ó menos filas y con mayor ó menor número de riostras, según sean en cada punto aquellos esfuerzos.

Plantaciones de recrecimiento de los depósitos.

Las plantaciones de mimbre deben hacerse inmediatamente después que la altura de los depósitos supere la de la media marea; y la de taray, álamos y demás, cuando el aterramiento sobrepuje la plea viva extraordinaria.

Dragados auxiliares de los efectos producidos por las obras de márgenes.

Deben ejecutarse los dragados con toda la intensidad que permitan los medios de que se disponga, pues los fines que con ellos se persiguen se realizan antes y mejor cuanto mayor sea la importancia de los volúmenes que se draguen en cada caso.

Esta consideración aumenta de valor si se tiene en cuenta que los lugares en donde se vierten los productos dragados no pueden menos de ser siempre los espacios comprendidos por las obras de entramados de las márgenes, cuyo aterramiento se adelanta notablemente con estos productos.

Altura de los aterramientos producidos por las obras de márgenes.

Con las obras de entramados, faginas de ramaje y plantaciones, se obtiene rápidamente, y con sólo el transcurso de dos ó tres avenidas, el establecimiento de las márgenes en la posición que definitivamente han de ocupar dentro del cauce de estiaje; pero la altura total de su aterramiento es poco mayor que la de la plea viva ordinaria, cualquiera que sea la de la barranca en la margen definitiva.

Modo de crear los aterramientos situados á mayor altura que la de los entramados.

Llevar la altura de las márgenes en creación y en semejante estado de adelanto hasta el nivel de la barranca del cauce de las avenidas ordinarias, es operación lenta y difícil.

Las avenidas y las plantaciones son las encargadas de realizarlo por medio de aterramientos sucesivos; y como quiera que á medida que se gana altura con estos aterramientos son menos frecuentes las avenidas que pueden producirlos, los últimos recrecimientos tienen lugar con extraordinaria lentitud, y sólo con el transcurso de muchos años.

Mas como del mismo modo, y con análoga lentitud, se van presentando los efectos de mejora del fondo, que producen las nuevas márgenes, con intensidades que dependen de la altura que tienen en cada momento, conviene practicar dragados, con la mayor intensidad posible, para acelerar la mejora, casi siempre urgente, de las profundidades; y los depósitos de los productos de estos dragados deben hacerse por medio de elevadores en aquellas márgenes que convenga, según su altura, para adelantar sus últimos recrecimientos, que hemos dicho son tardíos cuando se realizan sólo por las avenidas.

Recrecimiento de las márgenes bajas.

En los tramos de la ría donde los terrenos de la ribera son bajos, dando lugar en el cauce á barrancas de pequeña altura, con relación á las que deban tener las diferentes secciones transversales, determinadas, como se ha visto en lugar oportuno, por las secciones tipo que las comprenden, habrá, tal vez, necesidad de terminar el recrecimiento de la nueva margen por medio de la construción de un dique de tierra, revestido con plantaciones, para defenderlo de los ataques de las avenidas.

Las tierras pueden tomarse de los productos dragados ó de zanjas de préstamo, hechas en la proximidad del emplazamiento del dique y del lado del terreno.

Construído el terraplén, hay que revestir su superficie de acolchado de ramaje, sujeto al terreno con piquetes y alambres, que tienen por misión defender las tierras del dique mientras las plantaciones que se hacen á través de los acolchados adquieren el desarrollo que necesitan para fortalecer el terreno con sus raíces y para disminuir con sus tallos el valor de las velocidades.

Tal es el sistema de obras, y tales son los procedimientos deducidos de la experiencia, que hay que emplear para mejorar el cauce de la primera sección, regularizando sus secciones transversales por vía de estrechamiento.

Modificación de las

Para mejorar las secciones por ensanchamiento ó por retirada de una de

las dos márgenes, hay que empezar por talar la vegetación que puedan contener; después, por el procedimiento que sea más apropiado entre los conocidos, hay que hacer las excavaciones de las tierras hasta la altura de bajamar; luego, en la generalidad de los casos, habrá que dragar algunos metros los terrenos que estén bajo esa altura, con objeto de iniciar el ataque de las corrientes; y por último, habrá que auxiliar oportunamente, por medio de dragados, la acción de éstas, hasta que se obtenga, con la perfección que la práctica demuestre ser necesaria, una sección semejante á la sección tipo que rija la forma de las secciones transversales en el lugar que se considere.

SECCIONES POR VÍA DE ENSANCHAMIENTO.

También hay que ejecutar obras cuya misión queda reducida á impedir la alteración de un trozo determinado de margen, fijándola en la posición en que se encuentre en la actualidad ó en cualquier momento, si se ha llegado á ella por procedimiento de excavación.

FIJACIÓN DE LA POSICIÓN DE LAS MÁRGENES POR LA DEFENSA DE SUS TALUDES.

Por consiguiente, el objeto principal de estas obras no puede ser otro que procurar la estabilidad del talud de la barranca ó de la margen, defendiéndolo después del ataque de las velocidades; y, por tanto, consistirá en practicar la excavación conveniente para procurar aquel talud de estabilidad, impidiendo los desprendimientos; defendiéndolo después, por medio de acolchado de faginas y ramajes, con las plantaciones que sean apropiadas en cada región para impedir los efectos de las velocidades.

Cuanto se acaba de exponer sobre las obras de mejora del cauce, obtenida por la regularización de sus secciones transversales, dependientes á su vez del emplazamiento y altura de las márgenes, se refiere principalmente á las obras de la primera región de aguas arriba, comprendida entre Sevilla y la Horcada; en la segunda región hay que hacer obras semejantes, y hay que seguir procedimientos análogos, pero que deben diferir en algo de los empleados en la primera, exceptuándose solamente las obras de dragado y de excavación, que deberán hacerse, naturalmente, por igual procedimiento.

OBRAS DE LA SEGUNDA SECCIÓN DE LA RÍA.

La causa que modifica las demás obras que hay que ejecutar en esta segunda sección no es otra que su diferencia de régimen con la primera.

CAUSA QUE MOTIVA LAS DIFERENCIAS EXISTENTES ENTRE LAS OBRAS DE MEJORA DE LA PRIMERA Y SEGUNDA SECCIÓN.

En la región comprendida entre la Horcada y Bonanza son mucho menores las velocidades de las avenidas; conducen éstas en suspensión menor cantidad de detritus, son menores también las alturas de las avenidas sobre la bajamar, y las aguas propias de esta región son muy salobres al principio de ella y completamente saladas al fin, en las proximidades de Bonanza.

Por consiguiente, si se trata de estrechar las secciones estableciendo tramos de margen dentro del cauce de estiaje, para lograr su mejora, habrá, sin duda ninguna, que emplear también obras de entramados con faginas de ramaje, pero habrá necesariamente que modificar el sistema y trazado empleados en la región primera.

MODIFICACIÓN DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES POR VÍA DE ESTRECHAMIENTO.

Si emplazando los diques longitudinales en la posición indicada por el trazado de la margen se hace el relleno de ramaje comprendido por los entramados hasta un metro por encima de la plea viva ordinaria, las aguas de las avenidas ordinarias y pequeñas extraordinarias no lo cubrirán en ningún caso, y, si lo sobrepujan, será tan sólo en algunos centímetros; por tanto, la masa de agua comprendida por el dique y la margen actual quedará casi estancada y sin movimiento, y, por consiguiente, no tendrá lugar en ellas ninguna velocidad de fondo, ni comunicada directamente á través del dique por las velocidades del fondo del cauce general, ni transmitida por las velocidades de superficie de las aguas que encierra el dique; de suerte que, como principio general, no será necesaria la construcción de los numerosos espigones transversales que ligan el dique á la margen en los de la primera región.

ENTRAMADOS Y RELLENOS DE RAMAJE DE LA SEGUNDA SECCIÓN.

Claro es que los diques longitudinales de esta segunda región habrán de ser más resistentes y reforzados que los adoptados en la primera, ya porque la altura del relleno de ramaje es mayor, ya porque ellos solos deben resistir los

RESISTENCIA DE LOS ENTRAMADOS DE LA SEGUNDA SECCIÓN.

esfuerzos que sean necesarios para desviar las velocidades; y claro es también que en el arranque de estos diques, ó sea en su punto de unión con las márgenes actuales, habrá que tomar las precauciones que se necesiten para evitar la entrada de las aguas por el redoso del dique, al espacio comprendido entre éste y la margen; lo que se conseguirá fácilmente reforzando en este punto los entramados y rellenos de faginas, y construyendo en las inmediaciones dos ó tres diques transversales muy próximos entre sí.

Para aumentar la resistencia del entramado del dique habrá que dar más profundidad á la hinca, mayor altura á los pilotes, hacer más espesas sus filas y más frecuente el arriostrado.

Ventajas de emplear solamente diques longitudinales para crear las márgenes.

Cercando las márgenes solamente por medio de diques longitudinales, más ó menos reforzados, no sólo se evitan los gastos considerables que representa la construcción de numerosos y largos diques transversales, sino que, facilitando la entrada del material de dragado para verter á redoso de ellos, aprovechando las profundidades relativamente grandes que han de existir en el espacio comprendido entre los diques y la margen, se podrá disponer de excelentes vaciaderos, escasos en el Guadalquivir, y al propio tiempo se contribuye notablemente al aterramiento de la superficie de cauce abrigado por los diques, difícil de obtener en esta región por el régimen natural de la corriente.

Si en algún lugar se viera que el dique necesitaba refuerzo excepcional para resistir el empuje de las velocidades, nada sería más sencillo que fortificarlo por medio de pequeños diques transversales que no deberían llegar á las márgenes y que harían el papel de contrafuertes.

Terraplenes que han de formar la margen definitiva.

Construídos los diques longitudinales, debe procurarse inmediatamente la creación con productos de dragado de un terraplén de arena y fango, consolidado con plantaciones, que, emplazado al lado de los entramados y en las aguas abrigadas por los diques, ha de llegar á ser la margen permanente; pues el dique construído con materiales perecederos, sólo está destinado á subsistir el tiempo necesario para dar lugar á la construcción del terraplén, margen definitiva.

No se necesita ciertamente, como en la primera sección, rellenar del todo el espacio comprendido entre el dique y la margen antigua; allí se perseguía este fin para lograr el estrechamiento de las secciones transversales á la altura de avenidas ordinarias ó pequeñas extraordinarias, objeto que aquí se consigue desde luego, no sólo por el dique de tierra que puede ser insumergible, sino por el dique provisional de entramado, cuyo relleno de ramaje se enrasará desde el principio á la altura conveniente para producir el régimen que determinan las velocidades encargadas de mantener los fondos que necesita la navegación.

Plantaciones en la segunda sección.

Las plantaciones que pueden hacerse en esta región, lo mismo para defender los terraplenes de los diques longitudinales, que para consolidar las márgenes cuya posición deba fijarse, evitando toda clase de degradaciones, deben crearse por medio del cultivo de una caña fina y delgada, llamada en la localidad *carrizo*, que vive con gran energía en las aguas de esta sección, formando masas de vegetación muy densas.

La única condición que exige la vida de este vegetal, que se reproduce por acodo, es el existir en un suelo sometido á aterramiento; por consiguiente, allí donde no exista este fenómeno, por razón de régimen, habrá que crearlo en la cantidad necesaria á este fin, empleando procedimientos que tenderán á anular las pequeñas velocidades que no pueden menos de existir en los diques y márgenes de esta región.

Creada una playa de talud tendido en el dique ó en la barranca, se dividirá su superficie en cajones por medio de la colocación de dos sistemas de faginas de dirección perpendicular, sujetas al terreno con piquetes que se han de clavar en el punto de cruce; en el fondo de estos cajones no pueden menos de producirse depósitos que, á no dudar, bastarán para la plantación y para la primera época de vida de estos vegetales.

Después, la presencia misma de los tallos producirá nuevos depósitos y dará lugar á su multiplicación espontánea, permaneciendo las masas de vegetación y dando lugar á los resultados que con ellas se desean obtener.

OTROS MEDIOS DE CONSOLIDAR LOS TALUDES DE LAS MÁRGENES Y DE LOS DIQUES DE TIERRA.

Otros medios pueden adoptarse para provocar los primeros depósitos, y también pudieran aplicarse, en lugar de los carrizos, la barrilla y otras especies salsoláceas de que están cubiertas las marismas, si bien estos vegetales, además de ser menos vivaces que el carrizo, exigen para su desarrollo un suelo arcilloso que no siempre y en todos los casos se puede lograr fácilmente.

Para revestir los terraplenes de los diques y los taludes de las barrancas que se deseen consolidar, pudiera recurrirse al empleo de arcillas extendidas en una capa de más ó menos espesor; pero estos revestimientos son de más difícil y caro establecimiento, de más costosa conservación y de menor eficacia que los que se basan en la creación y multiplicación de especies vegetales espontáneas en la localidad.

Así hemos tenido ocasión de ver que se ha logrado la consolidación de las márgenes bajas, constantemente bañadas de agua salada en el canal de Rotterdam al mar, por medio de la plantación de carrizos de la misma especie que los que existen en la región baja del Guadalquivir, extendiéndose este sistema de consolidación á toda la longitud de aquella vía marítima, y habiendo prescindido por completo de toda otra clase de revestimiento, á pesar de la gran cantidad de materiales arcillosos que existen en la localidad.

DRAGADOS EN LA SECCIÓN SEGUNDA DE LA RÍA.

La ejecución de los dragados en la región segunda es más fácil, más desahogada y más económica que en la primera, porque se han de practicar en aguas y canales más anchas, y de manera menos estorbosa para la navegación, porque son, relativamente, más abundantes los vaciaderos disponibles, y porque son menores las alturas á que hay que elevar los productos cuando haya que emplear para verter este procedimiento.

GENERALIDADES SOBRE LAS OBRAS DE LAS DOS SECCIONES.

Hasta aquí las diferencias principales que existen entre las obras de la primera y segunda sección. Las dos presentan analogías que podrá fácilmente deducir el lector, y ambas tienen de común la esencia del procedimiento de ejecución que impera en el Guadalquivir y caracteriza todas las obras que en la ría se han de ejecutar, que consiste en dejar á las fuerzas naturales que hagan la mayor parte del trabajo, limitándose el Ingeniero á establecer aquellas obras que sean necesarias para dirigirlas, contínua, paulativa y progresivamente, por los caminos que sean conducentes al establecimiento del cauce mejorado, tal como lo necesita la navegación, auxiliándolas en todos los momentos con el empleo de procedimientos industriales, á los que no se puede encomendar otra misión que la de acelerar y acercar las mejoras cuanto sea posible y cuanto exijan las conveniencias del tráfico marítimo.

La observación sagaz de los resultados que se vayan obteniendo, el empleo de mañosos y pequeños medios, la intuición de muy probable acierto que se obtiene con la costumbre de resolver semejantes problemas; cierta elasticidad en los procedimientos de detalle, que hay que tener siempre á la vista para enmendar resoluciones antes tomadas, son los elementos en que hay que apoyarse para dirigir y ejecutar estas obras que, necesariamente, requieren el transcurso de muchos años para poner de manifiesto su resultado definitivo.

CARACTERES INEVITABLES DE LAS PROPUESTAS DE OBRAS DE ESTE PROYECTO.

Por todas estas razones, repetidamente se ha dicho en el curso de esta Memoria, que en este proyecto no se pueden hacer propuestas que conduzcan á resultados concretos y definitivos.

Así, por ejemplo, no sería de extrañar que mucho antes de lograr aquella transformación del cauce que se persigue con los últimos desenvolvimientos de las obras de este proyecto, para cada tramo y lugar de la ría, se obtuviera de modo satisfactorio y de manera permanente tal serie de mejoras en todo el cauce, ó alguna en un tramo determinado, que hiciera inútil y quedara sin objeto llevar las obras en todos los puntos de la ría, ó en alguno solamente, al grado de per-

fección á que, como límite, se aspira llegar con las propuestas de este proyecto y con las obras que contiene de un modo más ó menos explícito.

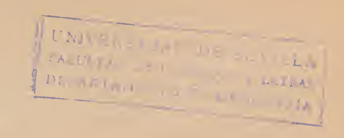
Precisamente para evitar este riesgo, por demás probable en algunos puntos, hay que marchar con prudencia en orden al establecimiento de las obras y en la realización de los gastos que suponen, procediendo de menos á más al determinar la intensidad de las que hay que ejecutar en cada punto y momento.

Representación gráfica de las obras de entramado y revestimiento, de las dos secciones en que se ha dividido el cauce.

Para que el lector acabe de formarse idea de las distintas clases de obra que se han de construir para mejorar el cauce del Guadalquivir, en las hojas de plano números 3 y 4 se han dibujado aquellas que respectivamente se han de emplear en la primera y en la segunda sección de la ría, y siendo bastante completa la representación gráfica de todas, creemos innecesario hacer aquí su descripción detallada.

El estudio de las obras de la Corta de Tablada, por su excepcional importancia, por sus circunstancias especiales y porque con igual título puede formar parte del grupo de obras de mejora de la ría, como del grupo de las del puerto, deben estudiarse por separado, consagrándole uno de los capítulos en que se divide esta Memoria.





Capítulo Noveno

Navegación de la desembocadura del Guadalquivir y estudio del régimen de sus aguas, costas y fondos.

§ I

Navegación de la Broa de Sanlucar, desembocadura del Guadalquivir

Canal navegable.

La canal que emplean los buques, lo mismo para la navegación de entrada que para la de salida, se encuentra perfectamente valizada por boyas luminosas, (véase el plano, hoja número 5). Tiene una longitud, entre Bonanza y la boya de «Salmedina,» de unos 13 kilómetros, y presenta en su región contigua al mar una forma embudada, de grandísima amplitud, acusada por las boyas de «Salmedina,» la «Grajuela,» «Galoneras,» «Alamillo» y «Picacho.» Siguen á este tramo otros dos, más estrechos, de forma casi rectangular, limitados por las parejas de boyas de «Galoneras,» del «Banquete» y de «Carrión.»

En el fin del segundo de estos tramos, y cerca de la costa, cambia francamente la dirección general de la canal, penetrando en el fondeadero.

El primer tramo, de forma trapecial ó embudada, tiene grandísima anchura, profundidades de consideración y fondos de arena, unidos y limpios. Reune, pues, bajo estos puntos de vista, excelentes condiciones de navegación.

Los dos tramos siguientes ofrecen una anchura mínima navegable de doscientos metros, disminuyendo en ellos las profundidades disponibles, siendo las mínimas de 4'00 á 4'50 metros á bajamar, que existen en muy contados puntos, pues la profundidad dominante es como de 5'00 metros.

Los fondos arenosos se ensucian con algunas piedras y lajas de poco espesor, que pertenecen á las bajerías numerosas que rodean estos tramos de canal, determinando con las boyas la posición de sus veriles.

En el tercero y último tramo de canal, comprendido entre «Carrión» y el fondeadero, aumenta la anchura de las aguas navegables, se dispone de profundidades muy grandes y continúa la composición de los fondos de los dos tramos anteriores en la longitud comprendida entre las boyas de las bajerías de «Carrión» y de la «Riza,» haciéndose después completamente limpios.

Navegación á vapor con mares manejables.

Los barcos de vapor que frecuentan hoy el puerto de Sevilla, cuyos calados, porte y condiciones, fueron descritos en el capítulo sexto, recorren con relativa facilidad, en las navegaciones de entrada y salida, la canal que se acaba de describir, manteniéndose entre las boyas que marcan sus veriles, siguiendo derrotas próximamente rectilíneas antes y después del ángulo del «Barronal,» en

el que hacen virada, para la que disponen de una anchura de canal de 450'00 metros.

Efectúan la navegación de entrada y la de salida en las horas próximas á la plea, tomando la precaución, para asegurar su gobierno, de aprovechar, respectivamente, los últimos tiempos de las corrientes de vaciante y de creciente; por consiguiente, encontrarán las profundidades siguientes:

Profundidades disponibles en plea en los tramos estrechos de la canal.
(Véase el plano, hoja número 5.)

Profundidades en plea.	MAREAS VIVAS				MAREAS MUERTAS				OBSERVACIONES
	Baja-mar. Metros.	Carrera de marea. Metros.	Suma total. Metros.	Piés ingleses	Baja-mar. Metros	Carrera de marea. Metros	Suma total. Metros.	Piés ingleses	
Mínimas. . .	4'00	3'00	7'00	23-1	4'50	1'90	6'40	21-1	Existen en número muy escaso en las inmediaciones de la bajería de Galoneras.
Dominantes..	5'00	3'00	8'00	26-4	5'00	1'90	6'90	21-7	Entre las parejas de boyas del Alamillo y del Barronal.

PROFUNDIDADES DE QUE SE DEBE DISPONER PARA NAVEGAR EN AGUAS DESABRIGADAS.

Las profundidades con que los barcos deben contar para navegar por aguas desabrigadas en que reinan oleajes, han de ser en todos los casos iguales al calado efectivo de los barcos, aumentado en una cierta altura, destinada á proporcionar la profundidad necesaria para que el barco no toque en el fondo al oscilar ó cabecear en el movimiento que le transmite el oleaje.

Es difícil determinar cuál deba ser este exceso de profundidad, pues depende, entre otras cosas, de la forma del casco, de la distribución de los pesos que lleva á su bordo, del género y altura de las olas y de las direcciones relativas de la mar y de la derrota. Lo único que sobre este particular se sabe es que para el mismo barco y la misma altura y clase de olas, la oscilación en sentido del plano diametral del barco es de mayor amplitud cuando recibe la mar por la proa ó por la popa, y es de menor amplitud cuando la recibe por la amura ó por la aleta ó por el costado; también es cierto que la amplitud de la oscilación, si bien aumenta con la altura de la ola, de cualquier modo que reciba la mar, no crece proporcionalmente con ella.

Al hablar de olas en cuanto antecede, se ha sobreentendido que se trataba de olas en estado oscilatorio, porque cuando pasan al estado de olas de traslación, ó á uno próximo á éste, por escasez en las profundidades con relación á su altura, entonces, además de imprimir al barco cierto imperfecto movimiento de oscilación, producen otro de traslación en sentido del de propagación de la ola, arrollando al barco, que en estos momentos pierde todo gobierno.

EXCESO DE PROFUNDIDAD QUE DEBE EXISTIR EN LA CANAL DE LA DESEMBOCADURA.

No es posible, pues, prefijar el exceso de profundidad que debe existir para la navegación en aguas desabrigadas; la práctica solamente y la prudencia del piloto deciden en todos los casos, si por esta circunstancia es posible la navegación, según el calado efectivo del buque; pero, á pesar de esto, parece prudente contar en la desembocadura del Guadalquivir con una profundidad de garantía como de 0'91 metros, equivalente á unos 3 piés, que es la que ha demostrado la práctica ser necesaria para la navegación de los barcos de porte que actualmente penetran y salen por la ría del Guadalquivir.

Con esta garantía de precaución, con la pericia demostrada por los pilotos-prácticos, con lo excepcionales que son las cotas de mínima profundidad y con las buenas condiciones que, en general, presenta la canal para la navegación de vapor, realizada fuera de los temporales, se explica satisfactoriamente el hecho importantísimo de que hasta la fecha no haya ocurrido accidente grave á ningún barco de vapor de los que han navegado por estas aguas, á pesar de su

notable frecuentación y á pesar de los escollos y bajerías de que está sembrada la desembocadura del Guadalquivir.

Navegación á la vela con mares manejables.

Los buques de porte á la vela deben seguir para la entrada y salida la canal demarcada por el valizamiento, pues es difícil y bastante arriesgado dar bordadas ó voltejear en el embudado ancho de la canal, y sumamente peligroso ejecutar esta maniobra en la parte estrecha, entre las numerosas bajerías existentes en ella.

Solamente con viento favorable, con mar llana y buen tiempo hecho y asegurado, con poco calado y con condiciones favorables de corrientes, puede intentar un barco de vela de mucho porte la entrada y salida por medio de voltejeos en aquellas aguas de la desembocadura en que estrecha la canal y existen las bajerías.

Los barcos de vela de pequeño porte y los de pesca, conducidos por patrones muy prácticos y experimentados, provistos de aparejos que ciñen bien el viento, y con poquísimo calado, voltejean y recorren las aguas de la Broa en todas direcciones mientras reinan mares manejables.

Los barcos de vela de porte que frecuentan el puerto de Sevilla cruzan verga, por lo menos, en uno de sus palos, y todos ciñen el viento lo suficiente para navegar con algo más de seis cuartas.

Suponiendo, sin embargo, un ángulo de bolina de siete cuartas, los barcos de porte á la vela podrán entrar en el último tercio de marea vaciante y con vientos frescachones y entablados del S. $^1/_4$ SE. al NO. $^1/_4$ al N., manteniéndose dentro de la canal demarcada por las boyas, llegando hasta el fondeadero.

Con vientos de estos rumbos de menor intensidad ó racheados no deben intentar la entrada, porque corren peligro de derivar con las corrientes y sus remolinos, empeñándose en la costa ó en las bajerías.

La navegación de salida de estos buques se hace desde Bonanza por las mismas aguas que la de entrada, con viento N. al SE. $^1/_4$ S., que, además, han de ser entablados y de alguna intensidad, debiendo evitar, en lo posible, navegar de salida con corriente de vaciante, especialmente si les coge su mayor intensidad en la región de los bajos.

En la práctica, lo que resulta para la navegación de porte á la vela, es que los veleros, por sí solos, y sin auxilio del remolcador, se abstienen de navegar las aguas de la desembocadura, á no ser que sean completamente favorables las circunstancias de mar, de marea, de vientos y de desahogo en el calado.

Navegación á vapor y á la vela con temporales.

Las navegaciones de la desembocadura á vapor y á vela se hacen prácticamente imposibles, durante los temporales, para buques de porte, porque las bajerías cierran la canal en rompiente, saneando solamente durante cortos intervalos y en algunos de sus tramos, haciéndola verdaderamente impracticable.

Contribuye, además, á dificultar la navegación durante los temporales, el modo de ser de las corrientes que, además de exagerar entonces su velocidad, forman, por causa de las bajerías, revesas y remolinos que, por sí solos y combinados con la marejada, dificultan sobre manera el gobierno de los barcos y modifican intensamente su derrota.

Por consiguiente, cuando el temporal está declarado es imposible la salida, ni hay tampoco por qué intentarla; y en cuanto á la entrada, antes de que el temporal se presente, cuando ya sea inminente, lo mismo los barcos de vela que de vapor han de guardarse bien de acercarse á las aguas de la Broa, salvo el caso de empeño por avería grave, debiendo correr el tiempo permaneciendo en la mar, ganando varlobento y distancia á la costa.

Deficiencias que se notan en la canal actual para la navegación de 18 á 19 piés.

De cuanto antecede se deduce que los escollos y bajerías, por demás numerosos, que hay en las aguas de la desembocadura del Guadalquivir; la falta de abrigo que existe para las mares de los vientos de vendaval, cuyas rompientes impiden la navegación con los temporales; la violencia é irregularidades de las corrientes durante éstos; la escasez de los calados disponibles que obligan á

navegar la desembocadura precisamente en las proximidades de las pleas; lo violento de la virada que hay que rendir en las cercanías de la costa y del escollo de la «Riza,» son los inconvenientes y constituyen las deficiencias que presenta en el estado en que hoy se encuentra la desembocadura del Guadalquivir para la navegación de 18 y $^{1}/_{2}$ piés ingleses de calado efectivo que existe en la actualidad.

No se cita como una deficiencia más la falta de anchura de la canal navegable, porque, aunque la existente no es sobrada, nadie puede negar que es la necesaria y suficiente, especialmente para la navegación á vapor, que es la más digna de ser considerada.

Deficiencias de la canal actual para la navegación de 23 piés.

Los inconvenientes y deficiencias que existen actualmente en la desembocadura para la navegación de 19 á 23 piés ingleses, que se trata de crear en la ría del Guadalquivir y puerto de Sevilla, serán evidentemente las mismas que se han hecho notar para la navegación actual, con la sola variación de aumentar gravemente la deficiencia relacionada con la falta de profundidades, y de modo menos importante lo que se refiere á la violencia de la virada.

§ II

Régimen de las aguas, costas y fondos de la desembocadura

Cualesquiera que sean las obras que se hayan de ejecutar para mejorar la navegación de la desembocadura del Guadalquivir, corrigiendo en la medida práctica de lo posible los inconvenientes y deficiencias que presenta su navegación, deben proyectarse, necesariamente, con conocimiento del régimen de las aguas, de las costas y de los fondos en que las obras han de subsistir.

Para llegar á este conocimiento es indispensable, á su vez, hacer una descripción sucinta de las costas y fondos de la Broa, y dar una ligera idea del modo de ser de los vientos, de las olas, de las mareas y de las corrientes que reinan en sus aguas.

Descripción de la Broa de Sanlúcar.

El abra de Sanlúcar afecta, en general, una forma trapecial; la base mayor es la línea imaginaria que separa sus aguas de las del mar libre, que pasa por Salmedina y Torre Salabar; y la base menor corresponde á la última sección de ría, primera de aguas totalmente abrigadas que se encuentra entre Guía y Bonanza. (Véase el plano, hoja número 5). La orientación aproximada de la mediana de éste trapecio, que viene á ser como el eje del abra, es de Oeste á Este.

Costa del SE. ó de Chipiona y Sanlúcar.

La costa Sudeste, llamada vulgarmente de Levante, de una longitud de trece kilómetros, empieza en la punta de Chipiona y acaba en Bonanza.

Desde Chipiona hasta la punta del Espíritu Santo está formada por un escarpe bajo; su altura máxima en aquella punta es de trece metros; la mínima hacia punta Zorrera es de dos metros, y en el emplazamiento del faro de Chipiona es de seis metros.

El escarpe está formado en la punta del Castillo del Espíritu Santo, como se representa en el plano, por una capa de arena diluvial y varias capas de arenas, calizas y arcillas, todas pliocenas.

El resto del escarpe, más bajo, presenta en la superficie una capa de arenas diluviales; á ésta siguen arenas pliocenas que contienen capas de caliza coquerosa pliocena, cuyo espesor varía desde cinco hasta cuarenta centímetros. La altura de esta capa de arena es de dos á tres metros, é insiste sobre otra de arcilla que corre á todo lo largo del escarpe.

Las playas de esta costa son muy tendidas, escasas de arena, conteniendo gran cantidad de lajillas, lajas y lajones, de igual carácter mineralógico y del mismo espesor que las que aparecen en el punto del escarpe que corresponde á la playa que se considera.

Relacionadas con el escarpe, y en continuidad visible con él, despiden las playas muchas restingas que penetran en el mar, según exactamente se representan en el plano, siendo las principales la de «Salmedina,» «Laja del medio» y del «Perro», en la punta de Chipiona; la de punta «Montijo» y la punta del «Espíritu Santo.»

Desde este lugar hasta Bonanza cambia totalmente el carácter de la costa, internándose en la sierra, hurtando hacia Levante el escarpe que corría por el trozo antes considerado; la parte de costa comprendida entre el «Espíritu Santo» y Bonanza es baja, sumamente ondulada y arenosa; la formación superyacente á las aguas pertenece al terreno cuaternario, y por debajo de éstas existen, según resulta de los sondeos que se han practicado, cinco metros de terreno cuaternario, siete de diluvial, y de aquí en adelante sigue el plioceno. Estas playas, muy abundantes en arena, despiden también fondos tendidos hasta Guía; y de aquí hasta Bonanza aumenta visiblemente la inclinación de éstos, desapareciendo por completo la piedra y apareciendo el fango en la superficie.

Costa del Noroeste ó de San Jacinto y Malandar.

La costa Noroeste, vulgarmente llamada de Poniente, es baja y arenosa; su relieve recuerda el de los sistemas de dunas, y la superficie que ocupa esta clase de terreno es enorme. Su longitud en el sentido de la costa es de unos cuarenta y tres kilómetros, y su latitud, ó sea su penetración en la tierra firme, es de quince kilómetros.

Las playas dependientes de la costa Noroeste son bajas, tendidas y arenosas, y toda la formación pertenece al terreno cuaternario, actual; á este mismo terreno corresponden las arenas inferiores á las playas en una altura de unos siete metros; después aparecen las arenas diluviales en una profundidad de seis metros, y á éstas siguen las arcillas pliocenas, según se ha comprobado por los sondeos verificados en la punta de «Malandar» y en el «Faginado.»

Fondos de la Broa.

Los fondos del centro de la Broa, que contienen la canal navegable, son arenosos, limpios y ahondables desde el mar hasta la altura del «Picacho;» desde este punto hasta confrontar la restinga del castillo del Espíritu Santo, son muy sucios é irregulares, estando llenos de bajerías, que exactamente se han situado en el plano. Los fondos que no pertenecen á las bajerías están formados, según se demuestra por los reconocimientos practicados haciendo pozos por medio de una excavadora Priestman, por una capa superficial de arena ó arcilla de más ó menos espesor. En general, en los fondos ahondables de la canal no se encuentran piedras, pero en algunos puntos de ella hay lajas (véanse las figuras del plano número 5) de caliza blanda coquerosa cuaternaria, de un tamaño máximo como el de las losas de acera, recubiertas de ostiones.

En las bajerías, los fondos son del mismo género, pero más abundantes de piedras, y están compuestos de uno ó dos órdenes, superpuestos de lajas recubiertas de ostiones, según se ve en las figuras del plano, que representan los reconocimientos practicados por excavación en los lugares y bajos que se indican.

Vientos en la Broa de Sanlúcar.

El juego general de la atmósfera en la región de mar de la Broa de Sanlúcar es análogo al que existe en el saco de Cádiz, descrito en los derroteros y bien conocido de los marinos. La diferencia que existe entre los dos es debida á la relativa proximidad de las costas de la Broa al Estrecho de Gibraltar, proximidad que da lugar á una influencia bien marcada de los vientos del Mediterráneo.

El estudio del juego de la atmósfera en la Broa se ha hecho teniendo á la vista los completos datos meteorológicos del Observatorio de San Fernando, bajo la hipótesis, de evidente realidad, de que el modo de ser de la atmósfera es el mismo en Cádiz y en la Broa; sobre todo, así puede considerarse sin error ninguno para el objeto que con el estudio de los vientos se persigue en este proyecto.

Frecuente intensidad de los vientos.

Hé aquí los datos de referencia:

Intensidad y frecuencia de los ocho vientos principales, según los anales publicados por el Observatorio de Marina de San Fernando.

Años 1894 á 1898.

Años.	N.		N. E.		E.		S. E.		S.		S. O.		O.		N. O.		Calmas.
	Número de horas.	Intensidad máxima. — Kilómetros	Número de horas.	Intensidad máxima. — Kilómetros	Número de horas.	Intensidad máxima. — Kilómetros	Número de horas.	Intensidad máxima. — Kilómetros	Número de horas.	Intensidad máxima. — Kilómetros	Número de horas.	Intensidad máxima. — Kilómetros	Número de horas.	Intensidad máxima. — Kilómetros	Número de horas.	Intensidad máxima. — Kilómetros	Número de horas.
1894	694	28	481	26	1.955	50	956	57	414	36	684	36	2.199	79	992	39	353
1895	353	24	304	34	1.649	68	937	51	445	64	999	62	1.724	63	709	43	915
1896	342	25	501	52	1.147	63	1.106	75	264	43	918	48	1.438	68	913	52	1.628
1897	228	27	389	37	1.490	68	832	49	402	53	1.014	44	1.533	57	875	44	1.822
1898	535	24	468	46	2.032	84	655	52	370	32	664	60	2.041	50	844	49	1.151
TOTALES.	2.152		2.143		8.273		4.486		1.895		4.279		8.935		4.333		5.869
Velocidades medias en los cinco años.	Kilómetros por hora.	6		8		18		17		11		12		14		12	

Las calmas representan el 16 por 100 del número total de horas en que han reinado vientos en los cinco años.

De ellos se han deducido los interesantes datos siguientes:

1.°—La frecuencia é intensidad máxima de cada uno de los ocho vientos principales que sé contienen en el estado que va á continuación.

2.°—Las velocidades medias en los cinco años para cada viento que aparecen en el mismo estado.

3.°—Las frecuencias de cada uno de ellos, que son como siguen, ordenadas de mayor á menor: O.—E.—SE.—SO.—NO.—N.—NE.—S.

4.°—Las velocidades máximas á saber:

E.	84	kilómetros	por hora.
O.	79	íd.	íd.
SE. . . .	75	íd.	íd.
S. . . .	64	íd.	íd.
SO. . . .	62	íd.	íd.
NO. . . .	52	íd.	íd.
NE. . . .	52	íd.	íd.
N. . . .	28	íd.	íd.

VIENTOS FOREROS.

De los ocho vientos principales, interesan á nuestro estudio los vientos foreros, que producen la agitación del mar, y que son en la Broa los comprendidos entre el SO. y el NO. 1/4 N.; los demás vientos son terrales y tienen poca influencia en las aguas de esta costa, quedando limitada su acción á producir cuando reinan una depresión de 0'40 á 0'50 metros en el nivel del mar.

VENDAVALES.

Por consiguiente, en las aguas de la Broa deben clasificarse de vendavales los que soplan por aquellos rumbos con violencia suficiente, partiendo de que la velocidad horaria superior á 40 kilómetros por hora debe ser bastante, en general, para calificar de vendaval al viento que la lleva, porque con ella levanta mares tan arboladas, que hacen peligrosa y de cuidado la navegación.

Pueden, pues, ser vendavales en la región de la Broa en que desemboca el Guadalquivir, el SO.—NO.—NE., y los vientos que soplen por los rumbos comprendidos por ellos, cuando llevan una velocidad mayor de 40 kilómetros por hora.

TRABAJO DE LA ATMÓSFERA.

El trabajo de la atmósfera en la Broa de Sanlúcar se puede representar por el gráfico que se dibuja en el plano, hoja número 5, que se ha obtenido en la forma acostumbrada, marcando en cada rumbo, de los ocho principales, longitudes proporcionales al trabajo de cada viento obtenido, multiplicando el número de horas que ha reinado, en el espacio de cinco años que se considera, por la velocidad media con que ha soplado durante este tiempo.

Del total trabajo de la atmósfera interesa á este proyecto solamente el respectivo á los vientos foreros que se raya en el gráfico.

Este trabajo puede dar una idea del que relativamente realizan en las costas y fondos de la Broa los vientos respectivos, notándose que son vientos francamente dominantes los que soplan por el O., ó sea lo que los marinos consideran Ponientes, comprendidos entre el O. SO. y el O. NO.; pues aunque en la atmósfera, en realidad, dominan los Levantes, hay que prescindir de ellos en este estudio por ser terrales, como se ha visto antes.

En todos los mares la contínua transformación de las costas, de las playas y de los fondos próximos, es debida, por un lado, á los vientos que ejercen su acción, ya directamente por medio de las dunas, ya indirecta y principalmente dando lugar á las olas y marejadas; y, por otro lado, aquella transformación es también producida por las corrientes marítimas que reinan en los lugares que se consideren.

OLAS EN LA BROA.

Por tanto, estudiado el movimiento de la atmósfera, siquiera haya sido con la brevedad que se impone en esta clase de proyectos, será indispensable

tratar de las olas que producen los vientos que reinan en la desembocadura del Guadalquivir.

En las olas debe considerarse, principalmente, además de su dirección perpendicular al viento que las impulse, su altura; pues, en realidad, con ella crecen y decrecen su longitud, su amplitud, sus velocidades orbitarias y de traslación, y de la altura también dependen los lugares ó fondos de la playa en que pasan del estado oscilatorio al de olas de traslación, y, por último, al estado de olas rotas.

Olas de los vientos foreros y vendavales.

Mas la clase y la relativa poca importancia de las obras que se van á proponer para la mejora de la navegación de la desembocadura del Guadalquivir, y el carácter eminentemente práctico de este proyecto, hacen inútil, por no tener en él adecuada aplicación, el estudio de todas las olas que levantan los vientos foreros, según la intensidad con que soplan, razón que aconseja considerar solamente las olas mayores que engendra cada uno de ellos; y aun dentro del estudio de estas olas resultan también sin aplicación los datos relativos á su longitud, amplitud y velocidades de traslación y orbitaria, quedando, por consiguiente, únicamente, como datos que nos interesan, los concernientes á la altura de las olas máximas de los vientos foreros, las profundidades á que rompen y el número de días que reinan durante cada año, así las olas máximas de temporal, como las mares llanas ó de alturas menores de cincuenta centímetros.

El primer grupo de datos influye en el régimen de las costas y de los fondos, y con el segundo se obtienen datos estadísticos que se relacionan con la navegación y con la ejecución de los dragados que se van á proponer para mejorar la canal actual y para aumentar su profundidad.

Al tratar de los vientos se dijo que los foreros que podían reinar con intensidad suficiente para levantar en la Broa de Sanlúcar olas de temporal, ó sea de una altura mínima de tres metros, eran los que soplaban por los rumbos comprendidos entre el SO. y el NO.; por consiguiente, para formarse idea de la agitación máxima de las aguas de la Broa, habrá que estudiar las olas de los temporales que entran por estos rumbos.

Ahora bien, el SO. que sopla entablado durante varios días en toda la costa N. del saco de Cádiz, recorriendo una línea de agua de ciento treinta á ciento cincuenta millas, engendra en el mar libre, próximo á las costas, olas de temporal de cinco á seis metros de altura.

Los O., cuyo trabajo, intensidad y frecuencia, resultan en los datos del Observatorio de San Fernando por la acumulación de los trabajos, intensidades y frecuencias de los vientos que soplan entre el OSO. y el ONO., vientan en las costas de la Broa durante pocas horas por los rumbos del OSO. al O. $^1/_4$ al NO.; por cuya razón, aunque son de gran intensidad y recorren líneas de agua considerables, levantan en los temporales de estos rumbos olas cuya altura no pasa en las aguas de la Broa de tres metros y medio, menores que las engendradas por los SO.

Los O. comprendidos entre el NO. y el O $^1/_4$ al NO. son persistentes y entablados, porque pertenecen á la corriente general del movimiento atmosférico, que va por los meridianos de la región polar á la región ecuatorial, inclinándose al NO. por el movimiento de rotación de la tierra.

Pero estos vientos soplan en la Broa por líneas de agua de una longitud de sesenta á setenta millas, ya por el abrigo que en las aguas de la costa N. del saco de Cádiz produce la forma que afecta ésta sucesivamente por el Cabo de San Vicente, Santa María y barra del Odiel, ya por el que hacen las alturas de cuatrocientos á setecientos metros del sistema orográfico de las sierras de Monchique, Cume y Montefigo, de que dependen los cabos antes citados.

Por estas razones resulta que la altura máxima de las olas que levantan los vientos que soplan por el NO. y el O $^1/_4$ NO. no pasa en el mar y costas de la Broa de tres á cuatro metros.

Las olas engendradas por los temporales del NO. son de análoga importancia á las anteriores, aunque, en general, tienen menor altura.

Los prácticos y los marinos entendidos de la localidad confirman las apreciaciones que se vienen haciendo sobre la altura máxima de las olas que engendran los temporales de los diferentes vientos que se acaban de considerar.

Del mismo modo todas las observaciones hechas tres veces al día desde la costa, durante cuatro años, por el personal de las obras, confirman los datos expuestos.

Agitación del mar en la Broa.

Estudiadas las alturas máximas de las olas que pueden reinar en la Broa de Sanlúcar, no es difícil formarse idea de la agitación de las aguas que comprenden sus costas.

Para conocer esta agitación conviene imaginar: 1.° Una línea que, pasando por el escollo de «Salmedina,» quede arrumbada al SO.-NO.; y 2.° Otra línea tangente á las puntas de Chipiona y de «Montijo;» considérense prolongadas estas dos líneas hasta encontrar la costa de «Malandar» y Torre de «San Jacinto.»

De esta suerte, el trapecio que forman las dos costas de la Broa de Sanlúcar, quedará dividido en tres regiones: la primera, comprendida entre la costa de Chipiona á Guía, entre «Malandar» hasta el punto A, en la costa de la Torre de «San Jacinto» y la línea tangente á las dos puntas; la segunda región, que queda comprendida por las dos líneas que se han imaginado y la dicha costa de la Torre de «San Jacinto,» hasta el punto B; y la tercera, por la línea arrumbada al SO., que pasa por «Salmedina,» y el trozo de la costa de la Torre de «San Jacinto,» que sigue al Norte del punto B.

Las aguas de la primera región están completamente abrigadas de la acción directa de las olas del SO., y mientras éstas reinan, la agitación de aquellas aguas quedará reducida á la marejada que se produzca por difusión de las olas de este viento.

Las olas producidas por los vientos del OSO. hasta el NO. llegan á esta región con toda su altura de tres á cuatro metros, rompiendo en la costa en pleamar por fondos de la curva de nivel de cota de un metro en el plano; en bajamar empieza la rompiente por fondos de las curvas de nivel de tres á cuatro metros, cerrando la Broa en un hervidero de rompientes que existirán sobre las bajerías que presentan fondos iguales ó menores que los de esta última cota.

En las aguas de la segunda región continúa parte del abrigo de las olas del SO., especialmente en la fase de bajamar, producida por la restinga de Chipiona á «Salmedina».

Las olas de los demás vientos agitan las aguas de esta región del mismo modo que se ha indicado para la primera, levantando rompientes por todas las bajerías de la desembocadura del Guadalquivir.

Por último, en la tercera región, la más agitada de las tres, ya no hay abrigo para las olas del SO., que llegan con toda su altura hasta la costa, rompiendo en pleamar en el escollo del «Picacho» y en la costa, por los fondos de la línea de nivel de cota de dos metros, y en bajamar por la curva de nivel de cota de cinco metros.

Dirección de las olas de vendavales con relación á la orientación de las costas de la Broa.

Por lo que influye la dirección de las diversas rompientes en sus efectos, sobre las playas y costas, conviene dejar aquí consignado: 1.° Que las olas del SO. son paralelas á la dirección de la parte de la costa de «Malandar» y Torre de «San Jacinto,» en que rompen. 2.° Que las del O. forman con ella un ángulo agudo, siendo perpendiculares á aquélla las del NO. 3.° Que las engendradas por los O. hacen un ángulo agudo con la playa de Chipiona y Sanlúcar, siendo paralelas á esta playa las levantadas por los NO.

Estadística de la agitación efectiva de las aguas.

El vigía de la desembocadura hace en las doce horas del día tres observaciones (seis mañana, medio día y seis noche), anotando los resultados que se obtienen en cuanto á los vientos, las olas, el estado de la canal y el cariz de los horizontes principales.

De esta estadística deben dejarse consignadas en este proyecto las horas del día en que han reinado mares llanas ú olas de altura menor de 0'50 metros, porque en este estado de las aguas es únicamente posible y práctica la ejecución de dragados.

TIEMPOS DE MAR LLANA

Resulta que en el año 1897-98 reinaron olas menores de 0'50 y mares llanas el 43 °/₀ de las horas del día hábiles para el trabajo; en 1898-99 fué el 21 °/₀ solamente el número de horas en que se hubiese podido trabajar con las dragas, y en 1899-900 fué el 31 °/₀.

TIEMPOS DE MAR DE TEMPORAL.

La agitación del mar fué bastante grande para impedir la navegación por las aguas de la desembocadura durante el día, de la manera siguiente, según los años:

1897-98. . . .	115 horas	igual á	9 y $^3/_4$	días.
1898-99. . . .	248 íd.	íd.	20 » $^3/_4$	»
1899-900. . . .	91 íd.	íd.	7	»

Este último dato sirve para dar idea de la influencia que prácticamente ejerce en la navegación la falta de abrigo para los temporales que puedan existir en las aguas de la desembocadura, al ocasionar rompientes que hacen peligrosas la entrada y salida de buques.

MAREAS EN LA BROA. PROPAGACIÓN.

La marea conserva en las aguas de la Broa toda su regularidad. La onda se propaga de Sur á Norte por la costa de Rota á Chipiona y «Malandar.»

Los establecimientos de puerto son en la boca de la bahía de Cádiz $1^h24'$, en Salmedina $1^h34'$ y en Bonanza 2^h.

La creciente de marea dura seis horas en «Salmedina,» y otro tanto la vaciante. En Bonanza reina la vaciante 6 $^1/_2$ horas, y la creciente 5 $^1/_2$, cuando no hay gran cantidad de agua dulce en la ría del Guadalquivir.

En la punta de «Malandar» hay, pues, creciente, cuando todavía disminuye la altura de marea por Bonanza.

CARRERA DIURNA.

La carrera diurna de marea en las sizigias es de 3 á 3,20 metros, y en las cuadraturas de 1'80 á 2'00 metros.

Las alturas de plea sobre el plano de comparación, que es la baja viva ordinaria, son en mareas vivas 3'20 metros, en mareas muertas 2'00 metros.

La baja muerta dista de la baja viva unos 0'60 metros.

SUPLEMENTOS DE LA ALTURA DE MAREA.

Los vientos del S. y del SO. aumentan la altura de la plea cuando vientan con fuerza, llegando á elevarla en los grandes vendavales hasta un metro. Los N. y NO. duros rebajan el nivel de las pleas en alturas de 0'40 metros y 0'50 metros.

Del mismo modo los Ponientes elevan el nivel de la plea en la costa de la Broa, aunque en pequeña cantidad, y los Levantes duros lo rebajan hasta en 30 centímetros.

Las avenidas del Guadalquivir, cuando no coexisten con vendavales del S. ó del SO., como sucede casi siempre, no influyen sensiblemente en las alturas de las aguas de la Broa, que puede decirse dependen exclusivamente de la marea y de los vientos que reinan en el mar del saco de Cádiz.

CORRIENTES MARINAS.

Ni la corriente del Gulf Strean, ni ninguna otra de las generales que reinan en el mar, tienen influencia alguna en las corrientes marinas de la Broa de Sanlúcar.

En estas aguas existen solamente las corrientes de marea y las accidentales de los vendavales y avenidas.

VACIANTES.

Revasada Bonanza por la corriente de vaciante, penetra en las aguas de la Broa, extendiéndose y abriéndose hasta llegar á las costas, siguiendo al longo de ellas hasta doblar por la de Levante el escollo de «Salmedina,» y dirigiéndose al Norte por la de «Malandar» y «San Jacinto».

La zona de máximas velocidades se extiende desde la cabeza de la «Riza,» por el O., hasta fuera del «Picacho.»

Deja de sentirse la corriente de vaciante por abrirse las dos ramas que siguen las costas en las aguas que se encuentran en el cruce de la prolongación de la costa de «Regla,» que hace punta con la de «Salmedina,» con la línea que marcan las luces de enfilación.

La latitud de las aguas en que reina la corriente de vaciante es como de milla y media en mareas vivas por «Salmedina,» y punta «Montijo,» y de algo menos de una milla en mareas muertas.

En la costa de la Torre de «San Jacinto,» desde el «Picacho» al N., la latitud de la vaciante es de cuatro á cinco millas en mareas vivas, y en las muertas tres millas.

Cuando hay avenida del Guadalquivir, la vaciante sigue las mismas direcciones que en las mareas vivas, permaneciendo también análogas las anchuras en que reina por la costa de Levante; en cambio, en la de Poniente alcanza una latitud, desde la costa, de siete ú ocho millas.

Desde Bonanza á la «Riza,» la vaciante en mareas vivas alcanza una velocidad máxima de cuatro millas por hora (106'00 metros por segundo).

Desde punta «Montijo» á «Salmedina» no pasa de dos millas.

Desde la «Riza,» por la costa de Poniente, hasta más allá de la Torre de «San Jacinto,» adquiere esta corriente de vaciante una velocidad de dos millas.

En mareas muertas pierden estas velocidades aproximadamente algo más de la mitad de su valor.

En caso de avenidas se exageran todas las velocidades de vaciante, creciendo más las de la costa S. que las de la costa NO., llegando á adquirir en ésta velocidades hasta de seis millas, reinando en una gran longitud de ella, hasta «Arenas Gordas,» en cuyas playas se han encontrado pilotes y aparejos de pesca de los empleados en el Guadalquivir.

Es tan notable la corriente de vaciante con avenidas, que no se extingue por la punta de «Malandar» en el período de marea creciente.

CRECIENTES.

La corriente de marea creciente viene desde Chipiona hasta punta «Montijo,» cogiendo una anchura como de una milla desde la costa; quedándose á Levante del «Picacho,» sigue con dirección á «Juan Pul» hacia la costa.

Por la costa N. apenas se nota corriente de creciente hasta el bajo de «Juan Pul.»

Á la altura del Castillo del «Espíritu Santo» y la «Riza» aumenta su velocidad, siguiendo la misma dirección de la vaciante.

Desde Chipiona hasta punta «Montijo,» la velocidad máxima que corresponde al primer tercio de creciente es de una milla por hora, y desde la «Riza» hasta Bonanza aumenta su velocidad, que alcanza la de tres millas en mareas vivas y una milla en mareas muertas.

En caso de avenidas, la corriente de creciente se acerca mucho á la costa de Levante, y la extension de mar que ocupa queda limitada por el Sur de «Galoneras,» «Pollero,» «Carrión» y Sur de la «Cabeza de la Riza,» extendiéndose después y entrando por las aguas que quedan limitadas por la costa y la corriente de vaciante que reina permanentemente del lado de la costa de «Malandar.»

Desde Bonanza, y algunos kilómetros más aguas arriba, queda parada la creciente, produciéndose en la zona de contacto de la creciente y de la vaciante movimientos desviatorios y revesones, por penetración de las aguas de la vaciante en las de la creciente.

Estos revesones se hacen muy sensibles á la altura de Bonanza, dentro de la «Riza» y fuera de ella, por la cabeza de la «Riza,» «Pollero» y «Galoneras.»

INVERSIÓN DE LAS CORRIENTES DE MAREA.

En «Salmedina» y por el «Picacho» invierten las corrientes de marea en las estoas. En Bonanza invierten fuera de las estoas de plea y de baja, separándose los momentos de inversión de los de las estoas de marea tiempos distintos en

una y otra orilla; así, en Bonanza, la vaciante dura por la orilla izquierda 2ʰ15' después de la baja, y en «Malandar,» orilla derecha, dura la vaciante 1ʰ45'; la creciente reina en Bonanza 1ʰ45' después de la plea, y en «Malandar» 1ʰ20'. En las mareas muertas la prolongación de la duración de las corrientes, después de la estoa, es de veinte ó treinta minutos menos que en las mareas vivas.

CORRIENTES ACCIDENTALES PRODUCIDAS POR LOS VIENTOS.

Las corrientes accidentales producidas por los vendavales del S.O. siguen la misma dirección que la de creciente, confundiéndose con ésta, exagerando todos sus efectos, y echan más hacia la costa la corriente de vaciante, que á su vez, y por esta causa, aumenta de velocidad.

Las corrientes producidas por los Levantes duros modifican las de marea acercando la vaciante á las costas de Poniente é incrementando su intensidad.

Igual efecto, aunque en menor escala, hacen los Ponientes con la corriente de vaciante, acercándola á la costa de «Montijo» y «Salmedina.»

RÉGIMEN DE LAS COSTAS Y FONDOS DE LA BROA.

No es posible hacer aquí el estudio detenido del régimen de las costas y fondos de la Broa, por el espacio relativamente pequeño de que se dispone en la memoria de un proyecto, que tiene la práctica misión de justificar sus propuestas en lo necesario para que sean aprobadas, ni tampoco es exigido aquel estudio detenido por la importancia de las obras que se van á proponer para la mejora de la navegación de la Broa, y por la índole de las enseñanzas y resultados que se van á obtener de la consideración de aquel régimen.

RÉGIMEN DE LA COSTA SE. Y DE LOS FONDOS MÁXIMOS.

Exponiendo, pues, sobre éste lo más principal, debe decirse que el escarpe de la costa S.E., desde Salmedina hasta la punta del Espíritu Santo, las playas que siguen inmediatamente á este escarpe y los fondos del mar hasta la cota de 4'00 metros en baja, están sometidos á efectos visibles de denudación, realizada por las rompientes de los vendavales del NO. al OSO. que, provocando olas de tres á cuatro metros de altura, rompen á bajamar por las curvas de nivel de igual cota. En los fondos comprendidos entre la bajamar y la curva de nivel de tres á cuatro metros, ocasionan denudaciones todas las corrientes marinas, así las de creciente y vaciante como las producidas por todos los vendavales.

Por los fondos de cotas mayores de cuatro metros, comprendidos entre la costa SE. y las aguas del «Picacho» y «Juan Pul,» donde las olas se mantienen sin romper, en un estado oscilatorio ó próximo á él, también existe socavación ó limpia, producida por las mismas corrientes, que alcanzan las necesarias velocidades para remover y arrastrar las arenas del fondo, manteniendo en suspensión los fangos que dejan fuera de la costa á muchas millas y á grandes profundidades.

Se demuestra la exactitud de estas afirmaciones por las siguientes razones:

Primera.—Las rompientes socavan y destruyen las capas del escarpe de arenas diluviales y pliocenas, superyacentes á la capa de arcilla de esta última época geológica; atacan, además, superficialmente y con menos intensidad estas últimas arcillas y denudan apenas las lajas y lajones de caliza que contiene la capa de arena. Como ésta es de pequeño espesor, las rompientes y olas llevan pocas arenas en esta costa; razón por la cual, ni pueden crear grandes playas arenosas, ni dunas, ni, por consiguiente, dar lugar á fenómeno alguno de aterramiento.

Hay, pues, en estas costas y en los fondos dependientes de ella, tres clases de denudación solamente: la de las arenas, que es rápida; la de las arcillas, que es más lenta; y la de las calizas, que es lentísima. Los detritus de la denudación de las arenas marchan en pequeña cantidad por la costa; los de las arcillas, haciéndose cada vez más pequeños, desaparecen convertidos en fango, que se deposita en el mar libre; y las lajas de caliza permanecen en las proximidades del lugar en que cayeron, dentro de la esfera de acción de las aguas, descendiendo á mayor profundidad á medida que va desapareciendo el terreno denudable en que se apoyan.

Segunda.—Como pruebas materiales y palpables, distintas de las ante-

riores, de carácter analítico, se puede presentar el aspecto general del escarpe y de las playas que le siguen, de cuyo aspecto se da una idea completa representando en el plano el corte del castillo del «Espíritu Santo;» la exacta correspondencia entre la clase y espesor de las calizas que existen en el escarpe con las lajas que hay en las playas y en los fondos de la Broa, comprobado á simple vista en las restingas, playas y en los fondos próximos, y por medio de pozos de reconocimiento, practicados con excavadora Priestman, en las bajerías de piedra que se encuentran á profundidades donde no es posible la inspección directa; así, por ejemplo, en el reconocimiento hecho en la Riza (véase el plano, hoja número 5) se vió la existencia de dos órdenes de lajas exactamente iguales á las de la restinga, llamada el «Muelle,» y á las de la playa y corte del castillo del «Espíritu Santo.» En el «Pollero,» con otro pozo, se hizo análogo descubrimiento, y los practicados en «Galoneras,» «Juan Pul,» y la inspección directa del «Picacho» no dejaron lugar á duda sobre la correspondencia entre estas bajerías y la restinga y escarpes del «Corral» y de «Punta Montijo.» Lo mismo sucede con el escollo de «Salmedina» y las restingas de la «Laja del medio» y del «Perro,» con las calizas del escarpe de Chipiona.

La comparación del plano de la Broa, levantado en 1868 por la Dirección de Hidrografía del Ministerio de Marina, con el levantado en Septiembre de 1896 por la Dirección facultativa de las Obras del Puerto de Sevilla, acarrea el conocimiento de hechos prácticos de indudable autenticidad, que demuestran también la exactitud de las afirmaciones anteriores que tratamos de demostrar.

Puntos notables de la costa, como la «Cruz de Chipiona» y la casa de la «Media Legua,» que estaban en 1868 veinte y veinticinco metros metidos en tierra por detrás del escarpe de la costa en aquel entonces, se encuentran hoy, después de veintiocho años, fuera de las tierras, adelantados sobre él y en plena playa, habiendo ya exigido, para evitar su destrucción, obras de consolidación. En 1868 estaba intacto el castillo del «Espíritu Santo» y también un muro importantísimo del glasis de consolidación del escarpe, fundado sobre la playa; y hoy, no sólo el muro está grandemente denudado y dislocado, sino que el castillo ha perdido una buena parte de sus muros, que se han hundido por destrucción del terreno del escarpe en que se apoyaba. En el plano adjunto se representa con toda exactitud, por medio de líneas rojas, la posición del escarpe de la costa y de las curvas de nivel del fondo, de 3'00, 5'00 y 7'00 metros de profundidad á bajamar en 1868, y con líneas negras se representa la posición del escarpe y de las curvas, de igual cota, en la época actual; resultando de esta suerte evidente, no sólo la denudación de la costa, sino la de los fondos de estas profundidades.

El trozo de la costa SE. comprendido entre el «Muelle» y Bonanza, está sujeto á un régimen de aterramiento poco importante, como debe suceder: 1.º Por lo abrigado de estas aguas, en las que no existen rompientes notables. 2.º Por el predominio de la creciente sobre la vaciante que tiene lugar en este trozo de costa. Y 3.º Por haberse comprobado la existencia de estos aterramientos por los sondeos practicados en las playas de Guía y Bonanza, y por la comparación entre el estado de estas playas y fondos en 1868 y en 1896, que aparece en el plano últimamente citado.

Régimen de la costa NO. y de sus fondos próximos.

La costa NE. ó de «Malandar» y «San Jacinto,» está formada por arenas en gran cantidad. Desde «Malandar» hasta «San Jacinto» está sometida también á un régimen de denudación, realizado solamente por las corrientes de vaciante y de avenidas, pues en ellas las rompientes producen aterramiento por encontrar las olas á la playa en dirección oblícua; á pesar de esto, no se puede negar la existencia de la denudación, que está demostrada por la destrución del faro de «Malandar,» acaecida en nuestros días, con avenidas y vientos del S. y SO., que es cuando es mayor la velocidad de la vaciante, y por la posición de la traza de

pleamar y de las curvas de nivel, 3 y 5 en el año de 1868 y en 1896, como se enseña también en el plano antes citado.

La prueba de que esta parte de costa está durante unos períodos de tiempo en aterramiento y otros en denudación, la suministra la «Torre de San Jacinto.» Del 68 á la fecha aparece en denudación (véase el plano citado), y, sin embargo, según datos indubitables del proyecto del Sr. Corroza, desde 1770 á 1854 la torre se retrasó de la línea de pleamar á razón de un metro por año, ó lo que es lo mismo, en esta proporción creció la playa al fin de ese período.

Todavía, alejándose por la costa de «San Jacinto» en dirección á Poniente, se ve claro en la posición de la traza de pleamar y de la curva de cero que ha seguido el depósito en esta parte de la costa en el período del 68 al 96.

De que en un tiempo determinado reinen ó no grandes corrientes de vaciante, combinadas con avenidas y temporales de S. y SO., depende en resumen que la costa de «Malandar» y «San Jacinto» esté en socavación ó aterramiento. Fenómeno bien frecuente en la desembocadura de todos los ríos.

Resumen general del régimen de las costas y fondos de la Broa.

Como resumen último, y á los fines de este proyecto, se puede dejar sentada la siguiente conclusión. El régimen de los fondos y costas comprendidos por las aguas que quedan limitadas por «Salmedina,» «Punta Montijo,» «Castillo del Espíritu Santo,» «la Riza,» «Malandar,» «Juan Pul,» «el Pollero» y «el Picacho,» es de limpia ó de denudación notable y visible, que crece acercándose hacia la costa, quedando fuera de duda que la denudación existe, y que es un máximo en la región separada por la línea de las luces actuales de enfilación y la costa SE.; y que en la otra región, comprendida por dicha enfilación y la costa de «San Jacinto,» la denudación es mínima, pudiendo, en alguna parte de ella, convertirse en aterramiento.



CAPÍTULO DÉCIMO

Estudio de las obras de mejora de la desembocadura del Guadalquivir.

§ I

IMPOSIBILIDAD DE ABRIGAR LAS AGUAS DE LA DESEMBOCADURA Y DE LIMPIARLAS DE ESCOLLOS Y BAJERÍAS

OBRAS DE ABRIGO Y DE LIMPIA DE LOS ESCOLLOS Y EN LAS AGUAS DE LA DESEMBOCADURA.

Al pensar en las obras que se pudieran realizar para evitar los inconvenientes que para las navegaciones de actualidad y de porvenir presenta la Broa de Salúcar, enumerados en el capítulo anterior, salta inmediatamente á la vista que hay que prescindir por completo de aquellas que pudieran tener por objeto la desaparición de los escollos y bajerías, y la creación del abrigo suficiente para hacer abordable, con temporales, la desembocadura del Guadalquivir.

La magnitud de estos trabajos, lo costoso de semejantes empresas y la desproporción entre los sacrificios que su realización debía imponer con los resultados prácticos que se obtendrían para la navegación y el tráfico marítimo, demuestran con evidencia las razones de este desestimiento.

Baste decir que se necesitaría el dragado de algunos millones de metros cúbicos en arenas y arcillas, mezcladas con lajas de piedra, para hacer desaparecer los principales escollos y bajerías, y que sería indispensable construir, en aguas totalmente desabrigadas, un dique importantísimo de cinco á seis kilómetros de longitud, que introduciría profunda alteración en el complicado régimen, ya descrito, de las mareas y de las corrientes marinas de la desembocadura, y en el modo de ser de estos mismos elementos en toda la ría, solamente para abrigar la superficie de aguas comprendida entre el «Picacho» y las puntas del «Espíritu Santo» y de «Malandar.»

VERDADERA UTILIDAD DE LAS OBRAS DE ABRIGO.

La única utilidad que reportaría el establecimiento de tan costosas y peligrosas obras, sería la de hacer posible la navegación de la desembocadura durante los temporales; para evaluarla, analicemos las ventajas que traería consigo, que, como verá el lector, no son de gran importancia.

La primera de éstas consistiría en evitar una parte del tiempo perdido por los buques para entrar y salir, por causa de estar cerrada la canal en rompientes; tiempo que se puede estimar, como término medio, en quince días por año, según se consignó en el capítulo anterior; y se dice que una parte solamente de este tiempo se aprovecharía, porque los barcos que están de salida no se

hacen, ciertamente, á la mar, aunque la canal esté practicable, si hay temporal declarado ó amenaza inminente de él.

También disminuye la utilidad de las obras de abrigo destinadas á evitar las rompientes, la consideración de que, cuando se cierra la canal por el estado del mar, sobre todo en los grandes temporales, se probibe la navegación por la ría, porque, en general, la presentación de éstos tiene lugar con avenidas de más ó menos importancia que, exagerando la velocidad de la corriente de vaciante, hacen peligroso el paso de los buques por la ría mientras reinan grandes velocidades.

Sólo, pues, para la entrada de los barcos resultarían aprovechables las obras de abrigo, si se ejecutaran; y entonces este proceder, en cierto modo, equivaldría á convertir la desembocadura de la ría en una especie de puerto de refugio.

Empeño este irracional por las malas condiciones de la costa N. del saco de Cádiz para contener un puerto de esta clase, y de utilidad insignificante, porque, por encima, y sobre las consideraciones y razonamientos que acerca de este punto pueden aducirse, está el hecho práctico de que en la Broa, tal como se encuentra, no haya ocurrido, en lo que alcanza la memoria, siniestro grave en un barco de porte, á pesar de la relativa y grande frecuentación de buques que representa su navegación.

Hecho notable que puede explicarse por razón de que los buques de vapor, que son los que en realidad navegan hoy el tráfico marítimo, se defienden perfectamente de los peligros de los temporales, por su tamaño, por la seguridad con que siguen su derrota, por los medios con que cuentan para aguantarlos y correrlos, por la facilidad con que alcanzan puerto así que éstos amenazan, por la seguridad con que arriban si equivocadamente salieron á la mar, y también porque, como se ha visto antes, en las aguas de la desembocadura en donde existen las bajerías hay cierto abrigo para los temporales más violentos, que son los que levantan los vientos del S. y del SO.

No ha habido tampoco muchos accidentes en los barcos de vela, en un período desde hace más de treinta años, ya por la poca frecuencia con que llegan al puerto, ya también porque ante la más pequeña amenaza de temporal no recalan sobre la costa que les ocultan las cerrazones, debiendo mantenerse á muchas millas de ella sobre el paralelo del Estrecho de Gibraltar, por donde encuentran escape, marchando hacia el Mediterráneo si no pueden aguantar ó correr el temporal dentro de las aguas del saco, en que las marejadas y corrientes les falsean gravemente su derrota.

Por otra parte, el completo valizamiento de la canal, recientemente establecido, disminuirá en mucho los riesgos de la navegación, y, además, aunque no son de abrigo las obras que se van á proponer para mejorar la desembocadura, como han de aumentar sensiblemente la profundidad de la canal y su anchura, contribuirán á sanearla de rompientes, mejorando su navegación durante los temporales, principalmente al principio y al fin de éstos, haciendo más asequible el aprovechamiento de los tiempos en que aminore la violencia del viento y de la mar para verificar la entrada en caso necesario.

IMPOSIBILIDAD DE CONSIDERAR EN ESTE PROYECTO LAS OBRAS DE ABRIGO.

Opina, en resumen, el autor del proyecto, en virtud de todo lo expuesto, que nunca se intentará la construcción de las obras de abrigo de la desembocadura; pero, aunque se quiera considerar la posibilidad de emprenderlas en un día remotísimo, cree es de evidencia absoluta que no deben ejecutarse en este momento por su extraordinaria importancia y elevado coste, ya que los recursos disponibles en el presente, y en un porvenir inmediato, deben dedicarse á la ejecución de obras más útiles y urgentes, que son precisamente las comprendidas en este proyecto.

Por esta razón, y por las que anteceden, se prescindirá de considerar en él las obras destinadas á abrigar las aguas de la desembocadura y á limpiarlas totalmente de los escollos que contienen.

§ II

Mejora de la virada

Mejora del ángulo de la virada.

Para evitar el inconveniente que representa la necesidad de rendir la virada bastante violenta, y en las proximidades de la costa y de la Riza, no hay otro remedio que la limpia y destrucción de una parte de la bajería de «Carrión.» (Véase el plano, hoja número 5.) De esta suerte se mejoraría la canal, haciendo mayor el ángulo de la virada y ensanchando la región ahondable en que ha de rendirse, con lo cual se facilitará mucho también la maniobra de que se trata.

Estas obras, poco importantes, sin duda alguna, deben consistir en dragados, que se han de practicar en terrenos formados por una mezcla de arena, arcilla, piedras pequeñas y lajas grandes, y no hay inconveniente alguno en ejecutarlas.

Anchura de los fondos navegables de la virada.

Pero para acabar de juzgar las ventajas positivas que acarrea la ejecución de estos dragados, destinados á disminuir la violencia de la virada y á ensanchar las aguas en que puedan los barcos realizarla, y con objeto de no exagerar el concepto de su verdadera necesidad y de sus positivos resultados, se debe hacer notar que en la actualidad se dispone, para rendirla, de una anchura de aguas ahondables que pasa de 450 metros; circunstancia que puede contribuir á explicar satisfactoriamente el hecho elocuente, tantas veces mencionado, de que no haya ocurrido siniestro alguno al hacer esta maniobra en las condiciones en que se encuentra la región de canal en que hoy se realiza.

§ III

Mejora de las profundidades y de la dirección de la canal

Fondos existentes en la canal y en sus inmediaciones.

La deficiencia más importante de la canal, que es la escasez de los fondos disponibles para la navegación, que influye en alto grado en la comodidad de ésta y en el desarrollo del tráfico marítimo, porque del calado efectivo con que pueden navegar los barcos depende principalmente la baratura de los fletes, y el radio comercial del puerto, es, por fortuna, fácil de corregir y de evitar.

Si se observan con atención los fondos que presenta la canal actual y los de las regiones inmediatas y próximas á los veriles dibujados con color amarillo (véase la hoja número 5 de los planos), se notará que son en la región exterior, y contiguos al veril Sur, más profundos y más iguales que en la zona de canal comprendida por ellos, y que en la región exterior y próxima al veril del Norte.

Régimen de las aguas de la canal y de las regiones próximas.

Esta diferencia en las profundidades tiene lugar principalmente en las aguas comprendidas entre las bajerías de «Alamillo,» «Galoneras,» «Carrión» y «Traga-anzuelos;» y ciertamente no es hija de la casualidad, pues está engendrada por la diferencia de régimen, señalada en lugar oportuno, que existe entre la zona Norte y la zona Sur de las aguas de la Broa.

En la primera hay aterramientos de mayor ó menor importancia; y en la segunda, lo mismo las mares que las corrientes ocasionan socavaciones.

Por consiguiente, los fondos que están situados al Sur de «Galoneras,» de mayores profundidades que los que demoran al Norte, estarán sujetos á acciones de limpia y de denudación de mayor importancia que las que puedan existir en los otros, en los que no se puede asegurar no haya ya tendencia

al aterramiento; porque la misma forma de las curvas de nivel que en ellos existen, y la cantidad de arenas que contienen, dan lugar á la sospecha de que dependen y pertenecen á la gran formación arenosa y de aterramiento que representa y produce el placer de «San Jacinto.»

Situación preferible para la canal desde los puntos de vista de la ejecución y conservación de las obras.

Bajo el punto de vista de la conveniencia de las obras á ejecutar para mejorar las profundidades de la canal, que evidentemente han de consistir en dragados, conviene mucho, pues, elegir, entre las posibles posiciones de la canal, aquella que más se acerque á la costa Sur de la Broa; de esta suerte será bastante menor el volumen de los dragados que puedan ser necesarios para obtener una profundidad dada; y además, no sólo estará asegurada su conservación, sino que también se podrá abrigar fundada esperanza de que las profundidades obtenidas con la draga irán, con el transcurso del tiempo, haciéndose cada vez mayores, en virtud del régimen de las aguas.

Cualquier otra canal situada más al Norte, si, sobre todo, corre por las proximidades del «Pollero» y del «Alamillo,» como ocurre con la que actualmente sigue la navegación, será de más costosa apertura, y además, contrariamente á lo que sucede con las que ocupan situaciones más cercanas á la costa Sur, la conservación de los dragados que se hicieran para su apertura será dudosa, y muy fundados los temores de que, con el tiempo, sobrevengan aterramientos más ó menos importantes.

Navegación del tramo nuevo de la canal.

Si, pues, desde el punto de vista de las conveniencias de la navegación, no hay obstáculo alguno en acercar á la costa Sur de la Broa el tramo de canal actual, comprendido por «Alamillo,» «Galoneras,» «Carrión y «Traganzuelos,» al elegir la región de canal cuyas profundidades deban ser mejoradas, convendrá acercarse á la costa Sur, trazando la nueva canal en las aguas situadas hacia la región Sur del bajo de «Galoneras.»

Estudiemos, pues, la navegación por las aguas de esta última región.

Desde luego se observa que no puede ser grande la diferencia que exista entre las navegaciones de una y otra canal, ya que sus aguas son contiguas; mas ahondando en la cuestión, se ve que la canal Sur permite una derrota rectilínea desde la embocadura de la canal hasta la región de la virada, cosa que no sucede en la canal Norte (véase el plano, hoja número 5). Se ve también que las aguas de la canal del Sur gozan de mayor cantidad del abrigo que proporcionan para los temporales del S. y del SO. las restingas del «Perro,» de la «Laja del medio» y de «Salmedina,» y también aventaja el abrigo relativo de los altos fondos del «Alamillo» y de los veriles de la canal actual para las mares del Noroeste.

Por otra parte, en las aguas de la canal del S. son las corrientes más continuas y regulares, y siguiendo todas ellas una dirección paralela á la costa, no dan lugar á los remolinos que existen, á no dudar, en la canal del N. por las proximidades de los bajos «Alamillo» y «Pollero.»

Aunque la anchura que ha de tener la nueva canal, perfectamente valizada con las boyas luminosas, aleja todos los peligros que pueda ocasionar el abatimiento á la costa, conviene hacer observar sobre este particular que, puesto que la canal del Sur es más abrigada para los temporales que la del Norte, y además, dado que las corrientes son en ella más regulares, sin que ni en una y en otra canal tiren á la costa, los abatimientos en la canal del Sur serán algo menores, ó, cuando más, iguales á los de la canal Norte.

Razones que explican el hecho de que los barcos no naveguen actualmente el nuevo trozo de canal.

Por último, es de advertir que si los barcos en su navegación actual no siguen la canal Sur, consiste: 1.º En que en sus aguas existen algunos farallones de ostiones. 2.º En la presencia de la bajería de «Galoneras,» que estrecha estas aguas navegables. 3.º En que los barcos no han tenido hasta ahora necesidad, para hacer su derrota, de apurar las profundidades de la Broa, cuya razón explica al mismo tiempo la posición de la antigua enfilación de entrada, concebida á todas luces para demarcar la demora de la punta de «Malandar,» y

la altura á que, aproximadamente, se debe abordar el estrechamiento que hacen las aguas de la Broa.

Con estas indicaciones, con las que proporcionan las luces lunar y estelar, haciendo visible la silueta de la costa, unidas á la que da la costumbre adquirida en la navegación diurna, de desmentir más ó menos las mareas de los faros, según en cada punto requiere la derrota, han tenido bastante los prácticos para navegar, poco frecuentemente, de noche las aguas de la Broa, y siempre en circunstancias de mares bellas y de gran desahogo en el calado; es decir, han navegado de noche en aquellas condiciones en que aún pueden valerse de algunas de las marcas de tierra, y en que todas las aguas de la Broa podían considerarse navegables, salvo en las inmediaciones de las bajerías de «Carrión» y la «Riza,» no existiendo, por consiguiente, peligro de varada, ni necesidad do ceñir una canal determinada, siempre amplia en estas aguas, cualquiera que sea.

Mejora de la dirección de la canal.—Trazado de los veriles.

No pierde, pues, nada la navegación con llevar la canal mejorada á la región Sur del tramo tantas veces citado, comprendido por el «Alamillo,» «Galoneras,» «Carrión» y «Traga-anzuelos;» y con esta base, por consiguiente, se han trazado en el plano, marcándolos con tinta roja, los veriles de la nueva canal, habiendo tenido cuidado de proporcionarle una anchura mínima de 250'00 metros, trazando los veriles en todas partes, en vista de la disminución de la altura de los dragados á ejecutar, mejorando el ángulo de la virada y aumentando la anchura de esta región, para lo cual se ha chaflanado lo necesario el ángulo que forman las direcciones de los veriles del Sur en la bajería de «Carrión.»

Hay que preocuparse más de lo que parece á primera vista, cuando se considera la pequeña profundidad de la mayor parte de los dragados que hay que hacer, de disminuir cuanto se pueda la importancia de estas obras, por la grandísima extensión de la superficie que tienen todas las canales navegables en la Broa de Sanlúcar; pues sabido es que, á veces, es más difícil y costoso hacer dragados de pequeña profundidad y gran superficie que ejecutarlos en menor área y con mayor cota de excavación, y más si se trata de llevarlos á cabo, como en este caso sucede, en fondos sucios que contienen piedras y lajas.

Mejora de las profundidades.

La profundidad mínima que hay que dar á la canal mejorada en todo su trayecto se ha fijado en 5'00 metros, que es el nivel á que están referidas las cotas del plano. Porque si á esta cota se le agrega la carrera diurna en mareas vivas, que es de 3'20 metros, el calado mínimo disponible en toda la canal será de 8'20 metros, equivalentes á 27 piés ingleses; y si se le añade la altura de la plea muerta sobre el plano de comparación, que es de 2'50 metros, resultará una profundidad en pleas muertas de 7'50 metros, igual á 24 piés y 9 pulgadas.

Es, pues, indiscutible que con estas profundidades la navegación de la desembocadura del Guadalquivir se hará con mares bonancibles, y en pleas vivas, con un calado efectivo de 23 piés, que es el fin que se persigue con las obras de este proyecto.

Del mismo modo resulta también evidente que con la profundidad de 5'00 metros á bajamar viva, los barcos que hacen la navegación actual calando 5'94 metros, equivalentes á 18 y ½ piés ingleses, encontrarán la considerable ventaja de no tener que aguardar á la plea para navegar la desembocadura, sobrándoles también mucha agua para navegar en las proximidades de esta fase.

Si se quisiera ir más allá, aumentando progresivamente la profundidad de 5'00 metros á baja, todo lo que habría que hacer sería aumentar en la misma proporción la profundidad de los dragados, caso que no se considerará en este proyecto, pues se estima por su autor que existen fundadas razones, relacionadas con los resultados probables de las obras que se ejecuten en la ría, que

fácilmente, en virtud de lo expuesto en capítulos anteriores, apreciará el lector, para desistir por ahora de introducir mayor y más intensa mejora en la navegación de la desembocadura del Guadalquivir.

Conste, sin embargo, que las obras que se proponen no impiden que, cuando llegue el momento oportuno, se haga una mejora mayor en el calado efectivo de los buques, llevando en aquel entonces los dragados á ejecutar á las profundidades que al efecto se necesiten.

Las obras de la nueva canal no alteran el régimen de las aguas de la desembocadura.

Conste también que ninguna de las obras hasta aquí admitidas alteran profundamente el régimen actual de los fondos y costas de la desembocadura, que es de extremada conveniencia respetar, ya porque el actualmente existente no puede ser más favorable para las conveniencias de la navegación, según se demostró en lugar oportuno, ya porque se evitan los graves inconvenientes que á las veces resultan cuando necesariamente se tiene que alterar con intensidad cualquiera de los elementos de que dependen fenómenos tan complicados, complejos y difíciles de estudiar y conocer, como los que determinan las variaciones en las desembocaduras de los ríos, que pueden llegar hasta á alterar gravemente su régimen y navegación interiores.

Resumen de las obras y de las mejoras de la canal.

En resumen: para mejorar la desembocadura del Guadalquivir, corrigiendo en lo posible las deficiencias que presenta en la actualidad, se propone la ejecución de los dragados que sean necesarios para crear la canal dibujada con línea roja en el plano, hoja número 5, y que ha de tener una profundidad mínima de 5'00 metros á bajamar viva.

La superficie que hay que dragar para lograr este propósito se representa con aguada roja.

La nueva canal corrige satisfactoriamente las deficiencias relacionadas con la falta de profundidades que presenta la actual, mejora suficientemente el ángulo de virada y ofrece una derrota muy directa y fácil de seguir, pues desde la mar se llega al fondeadero, y desde éste se sale al mar libre solamente con dos alineaciones; ventaja que, si es digna de tenerse en cuenta para la navegación de vapor, aumenta de importancia para la de vela, porque evita la necesidad de enmendar el aparejo.

La nueva canal es navegable para los mismos vientos que la actual.

Las deficiencias relacionadas con el abrigo que presentan las aguas de la Broa para ser navegadas con temporales, que hemos demostrado no se pueden evitar por completo, han sido en parte corregidas en la nueva canal, merced al aumento de profundidad y de anchura que ésta presenta, que influyen, como es sabido, en las marejadas, disminuyendo considerablemente las rompientes.

Por el momento, y mientras no se hayan obtenido por completo, así en las aguas de la ría como en las de la desembocadura, las mejoras que este proyecto comprende, llevándolas hasta el último grado de desarrollo y desenvolvimiento, con lo cual se habrá llegado á establecer la navegación de 23 piés en la vía marítima del Guadalquivir y puerto de Sevilla, no se debe pensar en llevar más allá la mejora de la desembocadura, debiendo todo el mundo considerarse satisfecho con el logro de aquella aspiración, cuya realización ha de requerir largo tiempo, considerables recursos y no pocos esfuerzos para luchar ventajosamente con las dificultades de todos los órdenes que indudablemente se han de presentar.

TERCERA PARTE

Ejecución de las obras de mejora del Puerto de Sevilla, de la Ría del Guadalquivir y de su desembocadura.

Capítulo Onceno

Ejecución de las obras de la Corta de Tablada.

§ I

Obras distintas de la Corta, relacionadas con ella, que deben tenerse presentes al verificar las de su apertura

Dimensiones de la Corta en su estado inicial.

En el párrafo VII del capítulo octavo se proyectó la Corta de Tablada, determinando, no solamente la forma, la anchura y profundidades con que se había de iniciar su apertura, sino también la latitud y profundidad con que había de quedar en definitiva.

La Corta, en su estado inicial, debía abrirse por procedimientos industriales, y se confiaba su ampliación á las fuerzas naturales, representadas por la suma de energías que, sin duda alguna, han de desarrollar, transcurriendo el tiempo, el régimen y paso de las aguas.

La excavación realizada por procedimientos industriales debía tener una anchura uniforme de ochenta metros á la bajamar viva; la profundidad debía ser, en los primeros quinientos sesenta metros de su longitud, de ocho metros á bajamar, en una zona de cuarenta metros, contados desde la orilla izquierda, y de siete metros en la otra zona, unida á la margen derecha.

Siendo la longitud total de la Corta de 5.860,00 metros, si se descuentan los 560,00 metros cuyas profundidades se han mencionado, quedan 5.300,00 metros de longitud, que deben tener, según allí se dijo, una profundidad uniforme de 6,50 metros á bajamar.

Muelle de Tablada y su zona de servicio.

Al principio de la margen izquierda deben emplazarse, por razones en parte manifestadas en el capítulo quinto, y en parte que se expondrán en éste y en lugar oportuno, un nuevo muelle de atraque de 400,00 metros de longitud, construído de hormigón armado, y su zona de servicio, que debe ser muy amplia y que ha de tener una rasante de suficiente altura para que en ningún caso sea inundada por las más altas avenidas extraordinarias del Guadalquivir.

Puente giratorio para la vereda de Tablada.

Por otra parte, la necesidad de no interrumpir por completo las servidumbres importantes que existen sobre el emplazamiento de la Corta, ha acarreado, según se demostrará más tarde, la de construir sobre la Corta un puente giratorio.

Tal es el grupo de obras que hay que tener á la vista para estudiar la ejecución de las excavaciones que se deben realizar para abrir la Corta de Tablada.

Terraplén para la zona de servicio del muelle de Tablada.

El muelle no influye directamente en ella, pero sí debe ser considerada su zona de servicio; porque la extructura de los entramados que forman el muelle propiamente dicho, se ha concebido de tal manera, que se aplica sobre los

taludes naturales de estabilidad de la excavación de la Corta; de suerte que ésta se ha de practicar como convenga á la estabilidad de estos taludes, de igual modo en el emplazamiento del muelle que en todo el resto de su longitud.

La zona de servicio ha de ser, naturalmente, de alguna mayor longitud que el muelle, y se ha fijado en este proyecto en 560,00 metros; su anchura debe ser grande, si ha de cumplir con la condición de contener todas las vías, todas las grúas, tinglados y demás aparatos que en los puertos modernos están al servicio del tránsito de las mercancías; y si, además, ha de ser capaz de proporcionar emplazamiento á los docks, almacenes de depósito y especiales que, unidos y en fácil relación con los barcos y con los principales medios de transporte que afluyan al puerto, han de servir, como se dijo en el capítulo primero, las necesidades del tráfico de depósito de mercancías.

Ante las condiciones del terreno en que se ha de emplazar el muelle y la zona de servicio, teniendo en cuenta el valor, la forma y demás circunstancias de las propiedades que en él existen, se ha dado á la zona de servicio de la orilla izquierda inmediata al muelle nuevo una latitud uniforme de 185,00 metros. La exposición de las razones que han conducido á la determinación de esta anchura la encontrará el lector más detallada al estudiar la expropiación de los terrenos que es indispensable ocupar con las obras; punto importante, íntimamente unido á la ejecución de la Corta.

La máxima avenida conocida, que tuvo lugar el año 1892, alcanzó sobre el terreno en que se emplaza el muelle y la zona de servicio una altura de sesenta á setenta centímetros; si á ésta se añade otra de garantía, que debe ser estimada en cincuenta centímetros, tendremos que la altura sobre el terreno de la zona de servicio, en su unión con el piso del muelle, será de 1,20 metros; luego para crearla habrá que construir un terraplén de 1,20 metros de altura, aumentada con la que exija la pendiente transversal, necesaria para el desagüe, que se ha estimado debe ser de uno por ciento.

Secciones transversales del emplazamiento del puente giratorio.

Al puente giratorio hay que darle, desde el principio de su instalación, la luz que ha de tener en definitiva, que se ha fijado en 100,00 metros por razones que se fundamentan en sus necesidades de construcción y del fácil paso de los barcos, que se encontrarán detalladas en el anteproyecto de esta obra, que acompaña al proyecto actual.

Para hacer, pues, la apertura de la Corta habrá que aumentar la latitud normal de 80,00 metros, llevándola hasta 100,00 metros en cierta longitud de aguas arriba y aguas abajo del emplazamiento del puente; y esta es la única influencia que el puente ejerce en las obras de excavación, pues en lo demás su extructura se acomoda á los taludes y demás necesidades y condiciones de estas obras.

§ II

Caracteres del terreno en que se ha de abrir la Corta

Forma de la superficie del terreno y su altura con relación á las inundaciones.

La inspección del plano, hoja número 6, en que aparecen cotas de altura de la zona de terrenos en que se va á abrir la Corta, demuestra que está emplazada en una llanura de suaves pendientes, longitudinal y transversal, inundable en toda su extensión por las grandes avenidas del Guadalquivir; las cotas en tinta roja metidas en paréntesis indican la altura que tomaron las aguas sobre el terreno en la avenida extraordinaria de 1892.

Cultivos y propietarios.

La superficie de todo el terreno es de excelente tierra laborable, y de su cultivo, de los diferentes propietarios, de los edificios y linderos, y en general de todos los accidentes relacionados con su propiedad, se tratará al ocuparse de la expropiación que se ha de llevar á efecto para ejecutar las obras.

Composición interior del terreno.

En este momento se hará solamente el estudio de la composición del terreno y de aquellas de sus circunstancias que estén directa é íntimamente ligadas con la ejecución de las excavaciones.

La composición interior es muy conocida por los sondeos verificados en diferentes lugares del puerto y de la ría con motivo de la ejecución de otras obras, por los datos que proporcionan los numerosos pozos abiertos, dentro de la formación geológica á que pertenecen los terrenos de la Corta de Tablada, y también por los sondeos que *ad hoc* se han practicado en la zona en que ha de excavarse en los lugares que se indican en el plano, hoja número 6. En este mismo se representan gráficamente los resultados que ha dado cada uno.

Del conjunto de estos datos se deduce que la Corta de Tablada se ha de excavar en una masa de terreno sedimentario que pertenece á la época cuaternaria, existiendo bien caracterizados los dos pisos de ésta, aluvial y diluvial.

La formación es muy uniforme, y así el relieve de los dos pisos, como el de las diferentes capas que los forman, son sensiblemente paralelos al actual movimiento de la superficie.

Formación aluvial.

La formación aluvial está compuesta de una capa de tierra vegetal, de espesor como de un metro, y siguen á ésta arcillas arenosas, más ó menos amarillentas ó azuladas, que ocupan en cada lugar una altura variable y creciente en sentido de la boca alta á la boca baja de la Corta.

Formación diluvial.

La formación diluvial se caracteriza primeramente por capas de arena gruesa mezclada con gravilla, y después por cantos rodados de gran tamaño, mezclados con gravas y arenas.

Límite de las dos formaciones.

La separación de las dos formaciones está, respectivamente, á las cotas 13, 16, 18, en los sondeos números 1, 2 y 3, no habiéndose encontrado en el sondeo número 4, cuya profundidad es de veinte metros.

La bajamar puédese considerar en estos lugares sensiblemente horizontal, pues la diferencia máxima que existe entre su niveles en la boca alta y en la boca baja es menor de treinta centímetros.

Caracteres físicos de las arcillas aluviales.

Las arcillas aluviales, que contienen arenas finas íntimamente ligadas con los elementos verdaderamente arcillosos, son compactas, homogéneas, blandas y algo deleznables cuando contienen el agua de formación, y expuestas al aire se secan, aumentando considerablemente su dureza; pero, sumergidas después en agua, se reducen á polvo impalpable; son, pues, fácilmente excavables y no oponen gran dificultad á ser transvasadas y vaciadas.

Permeabilidad de las arcillas aluviales.

Estas arcillas, poco permeables, lo son, sin embargo, en cantidad suficiente para producir agua en los pozos que se encuentran abiertos en su masa, en las inmediaciones del emplazamiento de la Corta.

Examinados estos pozos, resulta que dan poca agua, pues sólo abastecen las necesidades propias de los cortijos y edificios á que pertenecen, y para lograr esta producción, insignificante desde luego, hay que darles una profundidad de cinco á seis metros y una sección circular de cuatro á cinco metros.

Influencia de la permeabilidad de las arcillas aluviales en su excavación.

De estos datos se deduce que las excavaciones que se hagan en estas arcillas producirán humedades y quizás pequeños chorreaderos, pero nunca cantidades de agua que puedan ser estorbosas para la práctica en seco de la excavación.

Si, pues, ésta requiere algún agotamiento, habida consideración de la gran cantidad de arcillas que se van á cortar, parece que no ha de ser de gran importancia.

Sin embargo, á pesar de la certeza que envuelven estas apreciaciones, el autor del proyecto, en vista de la gran anchura y longitud de la excavación, que puede acarrear grandes diferencias en la permeabilidad de las capas que se van á cortar dentro de estas arcillas, estima imprudente basar la elección de los medios de excavación en la hipótesis de que ésta se va á hacer completamente en seco, y opina, de un modo definitivo, que deben adoptarse aquellos que sean apropiados para trabajar lo mismo en seco que con mayor ó menor cantidad de agua, por grande que ésta sea.

PERMEABILIDAD DE LAS ARENAS Y GRAVAS DILUVIALES.

Las capas de gravas, arenas y cantos del terreno diluvial, parece han de ser francamente permeables, y abona la procedencia de esta consideración el estudio de los pozos abiertos en ellas que existen en la localidad; entre éstos, los de la huerta de la Salud, de Camino y de Parladé (véase el plano, hoja núm. 2.), cuyo caudal es considerable, el primero tiene bombas elevatorias de vapor que extraen hasta 3.000 metros cúbicos en veinticuatro horas.

INFLUENCIA DE LA PERMEABILIDAD DE LAS ARENAS Y GRAVAS DILUVIALES SOBRE SU EXCAVACIÓN.

Las capas diluviales serán, pues, excavables sin dificultad, pero pueden penetrar por ellas en la Corta cantidades de agua de alguna importancia.

Sólo al tiempo de la construcción puede conocerse el volumen proporcionado por todas las filtraciones que penetren por las capas diluviales, y sólo entonces también se podrá ver con certeza si conviene hacer agotamientos, ó si es preferible dejarlas en la trinchera, excavando bajo su nivel.

CONDICIÓN QUE NECESARIAMENTE HAN DE CUMPLIR LOS MEDIOS QUE SE ADOPTEN PARA HACER LA EXCAVACIÓN.

Por el momento, todo lo que se puede hacer es preparar medios de excavar que sean capaces de practicar el desmonte bajo el agua, y además puede preverse con bastante aproximación la longitud de solera de la Corta que ha de abrirse en esta clase de terreno, y que estará comprendida entre la boca alta y la línea, según la cual se corten la solera de la Corta y la superficie de separación de los terrenos diluvial y aluvial; después de esta línea, que se encontrará á una distancia aproximada de mil metros de la boca alta, todas las excavaciones que hay que hacer en el resto de la longitud hasta la Punta del Verde, resultarán, probablemente, dentro de las arcillas aluviales, y, por tanto, no recibirán importantes filtraciones.

CARACTERES DE LOS PRODUCTOS DE LAS EXCAVACIONES.

Sea que se excaven todas las tierras aluviales y diluviales en seco ó debajo del agua, ó con más ó menos humedad, los productos que resulten serán apropiados para la confección de terraplenes y reunirán condiciones para ser transportados por cualquiera de los medios que ordinariamente se emplean; no hay, pues, que temer por este lado dificultades de ningún género.

El aprovechamiento ulterior de estos productos es de poca importancia; sólo pueden emplearse las tierras procedentes de la excavación en el recrecimiento de los terrenos contiguos, realizado con el fin de levantar su rasante, sacándola fuera del alcance de las inundaciones; los cantos rodados y grava diluviales pueden servir para construcción de afirmados, y las arenas y gravillas para resebo y como material de construcción.

§ III

FORMA DE ESTABILIDAD DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LA CORTA

INCLINACIONES DE LOS TALUDES.

Las arcillas que han de quedar bajo la bajamar después de introducir las aguas en la Corta se sostienen perfectamente en talud casi vertical, y con esta inclinación las dejan las acciones del régimen de las aguas, según se ha demostrado en la Corta de los Jerónimos; y las tierras arcillosas ó arcillo-arenosas, superyacentes por encima de aquel nivel, que tienen una altura que varía en la longitud de la Corta entre seis y siete metros, expuestas á la acción de las velocidades de todas las avenidas y á la desagregación ocasionada por las alternativas de sequedad y humedad, necesitan, para permanecer estables, dejarlas con taludes de una inclinación mínima de un metro y cincuenta centímetros de base por uno de altura; y además, la práctica enseña que hay necesidad de revestir aquellos taludes con plantaciones si se quieren mantener las márgenes en la misma posición y en buen estado de conservación.

FORMA DE LAS SECCIONES EN EL ESTADO INICIAL DE LA CORTA.

Habrá, pues, que abrir la Corta dejando vertical la parte de margen que esté por debajo de la bajamar, y dando á la que esté por encima de este nivel el talud de un metro de base por otro de altura, inclinación próxima á la de estabilidad, y que, dando lugar á un sostenimiento de las márgenes que pudiéramos

llamar precario, favorece la acción de socavación de las corrientes, á las que se ha encomendado el ensanchamiento paulatino y futuro de la Corta. Cuando por esta acción progresiva llegue á tener la Corta la latitud definitiva de 130 metros, se consolidarán sus taludes, aumentando su inclinación y verificando plantaciones.

La sección transversal de 80,00 metros de anchura, que resulta para la Corta en su estado inicial, puede sin inconveniente ser ligeramente alterada por razón de las necesidades del útil que se emplee en la excavación. Así, por ejemplo, si se adoptara el excavador de cangilones, que tendría que trabajar á dos alturas distintas, dada la total de catorce ó quince metros que ofrece la trinchera, tendría que dejarse en el primer plano de trabajo una berma en cada lado como de cinco metros, que no podría ser levantada por el excavador que viniera á completar la profundidad, si éste se movía en sentido perpendicular al eje de la Corta, por causa de la imposibilidad de que su rosario, situado en medio de la plataforma de la máquina, llegara á excavar en la misma vertical del talud de la zanja practicada por el primer excavador que levantó la capa superficial. Como en este proyecto se ha supuesto, por razones que se van á decir inmediatamente, que la apertura de la Corta se va á ejecutar por medio de excavadores de cangilones, las secciones transversales tendrán un talud vertical ó de poca inclinación hasta la altura de un metro, por encima de la baja, en que estará situado el plano divisorio de los tajos de profundidad de los dos excavadores; á este nivel se dejará una banqueta de cinco metros por cada lado, lo que dará á la Corta una anchura de noventa metros y á partir de este plano hasta la superficie del terreno, el excavador dejará una serie de escalones precisamente de la misma huella y altura, que fácilmente se convertirán después en un talud con inclinación de uno por uno.

§ IV

Cubicaciones de la excavación y de sus productos, y estudio de la manera como deban depositarse

Volumen de la excavación.

Para hacer, pues, la cubicación del volumen que hay que excavar en la totalidad de la Corta, se han llevado á los perfiles transversales del terreno las distintas secciones de la Corta que correspondían á cada uno, determinadas por las anteriores consideraciones, relativas unas á las profundidades, y pertenecientes otras á la forma de los taludes de la excavación.

El estado de cubicación que, redactado en la forma acostumbrada, se incluye en el lugar correspondiente del presupuesto, enseña que el volumen total que hay que desmontar, medido en la excavación, es de 6.210.833,00 metros cúbicos; que el volumen comprendido entre la boca alta y el Guadaira, que limitan lo que llamaremos en lo sucesivo primer trozo de la Corta, es de 2.653.681,00 metros cúbicos; y que el volumen del segundo trozo, comprendido entre el Guadaira y la boca baja de la Corta, es de 3.557.152,00 metros cúbicos.

División de las obras en dos trozos.

La procedencia de la división de la longitud total en estos dos trozos salta á la vista, porque se comprende, sin esfuerzo, que la presencia del río Guadaira ha de influir necesariamente en la ejecución de estas obras.

Necesidad de depositar los productos en caballeros emplazados á lo largo de la Corta.

Los productos de tan considerable excavación como supone la apertura de la Corta de Tablada, no pueden llevarse á ningún vaciadero próximo, ni aun lejano, situado en tierra, ni tampoco á ningún lugar del cauce de la ría; y esto ciertamente es así, más que por causa del precio, desde luego elevado, del transporte que pudiera ser necesario, por la razón principal de que no hay ningún lugar adecuado para ello.

En tierra y en las llanadas que presenta el valle del Guadalquivir no existe á corta distancia un repliego en el que se pueda alojar tan gran cantidad de

terraplén, y en la ría se adolece de tal escasez de vaciaderos, situados á distancias aceptables del puerto de Sevilla, que ni siquiera ha de ser fácil alojar los productos de los dragados que inevitablemente habrá que ejecutar durante mucho tiempo en la primera sección de la ría.

No hay, pues, más remedio que depositar los productos de la excavación en caballeros emplazados á lo largo de ella; procedimiento que, si bien adolece del inconveniente de aumentar los gastos de expropiación, porque influye en la cantidad de terreno que se necesita para la ejecución de las obras, tiene varias ventajas que la compensan con exceso.

Ventajas de los caballeros.

Consiste la primera en hacer un mínimo la distancia de transporte; es la segunda, aminorar cuanto es posible el precio del depósito de la unidad, sobre todo si se llevan las obras de tal manera que en cada metro lineal de caballeros se aloje el volumen que corresponde al mismo metro lineal de excavación; y está representada la tercera por la facilidad que acarrean los depósitos en caballeros para utilizar las tierras en un día más ó menos lejano, pero en todo caso oportuno, en recrecer los terrenos adyacentes á la Corta situados entre el Guadaira y Sevilla, especialmente los de la margen izquierda, que es muy probable sean urbanizados; entonces la Junta, propietaria de estas tierras, puede reintegrarse de los gastos de expropiación, en una parte, por la venta de las tierras, y en otra por la posesión de los terrenos que ocupen los caballeros que utilizará, ya ampliando la zona de servicio, ya enajenando solares edificables que, por su proximidad al puerto, han de gozar siempre de cierta preferencia sobre los demás de las inmediaciones.

Los caballeros producidos por el segundo trozo de Corta, fuera del término de Sevilla, en el de Dos-Hermanas, no serán utilizables ciertamente en la creación de solares, ni en el recrecimiento de los terrenos contiguos; pero en cambio, siendo su valor de expropiación insignificante, desaparece para ellos el inconveniente que presenta genéricamente la solución.

Volumen de los caballeros.

De cuato antecede resulta que la apertura de la Corta de Tablada se ha de realizar indispensablemente, y en principio, por medio del desmonte ó excavación de 6.210.833,00 metros cúbicos, que se han de depositar formando caballeros en las proximidades de la trinchera, de tal modo, si es posible, que el volumen excavado por metro lineal quede alojado en el metro lineal de caballero correspondiente.

La total excavación producirá un volumen de éstos de 7.142.457,95 metros cúbicos, calculado añadiendo el 15 por 100 al volumen dicho anteriormente, medido en la excavación, según es costumbre hacer en la práctica para terrenos arcillo-arenosos del género de los que se han de encontrar en la apertura de la Corta.

Emplazamiento de los caballeros con relación á la Corta.

Los terraplenes ó caballeros se emplazarán á tal distancia del eje que, con su presencia, no dificulten en lo futuro el ensanchamiento de la Corta, hasta el límite prefijado de 130 metros; y también entre el pie interior del talud de los terraplenes y la arista de ésta debe quedar libre, cuando la Corta haya tomado toda su anchura, una zona de seis metros, que ha de tener por objeto crear un camino de servidumbre general y de paso á todo lo largo de la obra.

Todos estos objetos se consiguen situando el pie del caballero á setenta y dos y medio metros del eje de la Corta.

El objeto especial y la distribución de esta distancia se ven claramente en la sección transversal general de la Corta que se ha dibujado en el plano, hoja número 6.

Altura de los caballeros.

La altura de los caballeros debe ser tan grande como sea posible, quedando limitada solamente por las condiciones del aparato que se emplee para construirlos. Es así que, en diferentes casos prácticos, se ha podido llegar á darles una altura hasta de trece y medio metros máxima, y de ocho mínima, en el mismo terraplén; luego se podrá fijar una altura de trece metros y medio como límite

superior de la que se haya de dar á los caballeros de la Corta de Tablada.

Para tratar de alcanzar la mayor altura posible existen varias razones; entre otras, se puede citar la de que, cuanto mayor sea ésta, menor resultará la superficie ocupada por los terraplenes, evitándose gastos de expropiación que, como verá después el lector, son considerables en este caso.

Del mismo modo, cuando aumenta la altura del terraplén disminuye notablemente el transporte horizontal, y como en general, en la mayor parte de los aparatos que se emplean para depositar en caballeros los productos de la excavación, es más difícil y más costoso aumentar el transporte horizontal que el vertical, conviene reducir el primero cuanto sea posible.

Conveniencia de hacer un solo caballero en la margen izquierda.

En general puede llenarse la condición de que en cada metro lineal de caballeros se aloje el volumen que produce el metro lineal correspondiente de excavación, depositando en un sólo lado de ésta ó en ambos lados.

El primer procedimiento tiene la ventaja de que evita la doble instalación de los aparatos que deben efectuar el depósito.

En el caso de la Corta de Tablada existen además otras razones para depositar los productos de su excavación solamente sobre la margen izquierda, dejando libre la derecha. Su apertura dividirá los terrenos que atraviesa en dos partes, de valor y de aplicaciones ulteriores muy diferentes. Los de la orilla izquierda tendrán mayor aplicación comercial y más fácil y pronta urbanización que los de la margen derecha, por encontrarse en el mismo lado que la Ciudad y que el Puerto, que son los centros de vida social y comercial.

Aquí, pues, tendrán más pronta y mejor aplicación las tierras depositadas para el recrecimiento de las superficies contiguas, que en un tiempo relativamente breve serán, sin duda alguna, urbanizadas; y del mismo modo todos los aprovechamientos de la superficie de los caballeros y del terreno que éstos ocupan, después de haberse llevado sus tierras, serán más seguros, más rápidos y de más valor que si estuvieran emplazados en la margen opuesta.

La instalación de caballeros en los dos lados encajonaría demasiado la navegación, haciéndole perder los horizontes en las dos orillas, y además aumentaría extraordinariamente, durante el verano, la temperatura en toda la Corta, ocasionando molestias á los navegantes, de más importancia de lo que á primera vista pudiera creerse.

Estabilidad de las tierras del conjunto del caballero y de la excavación.

Además, emplazado el caballero según se acaba de indicar, puede asegurarse que en ningún caso perjudicará á la estabilidad de los taludes de la excavación; porque por un lado el terreno es por sí mismo suficientemente resistente para depositar sin deformación alguna la presión que le transmite en la proximidad de la arista de la excavación, que viene á ser de 1,20 kilogramos por centímetro cuadrado; y por otro, la berma ó camino de sirga, de seis metros, aleja suficientemente del talud de la trinchera los efectos de las presiones que pueda producir el caballero.

Influencia del caballero en el curso general de las aguas de lluvia por la margen izquierda.

Éste no puede menos de influir en el desagüe de las aguas que recoja la superficie del terreno que queda detrás de su emplazamiento, por cuya razón es indispensable tomar las precauciones necesarias para sacar las aguas detenidas detrás del caballero, llevándolas á la Corta; y claro es que las obras han de consistir en un cunetón que corra á lo largo de los terraplenes, que debe desaguar á su vez por medio de tajeas transversales que pasen por debajo de ellos, vertiendo en el cauce.

No hay que decir que la rasante del cunetón debe tener las pendientes y contrapendientes necesarias, relacionadas con la situación de las tajeas, que deben ir á una distancia una de otra como de seiscientos metros, y tener una sección de 0,40 × 0,70 metro.

§ V

Medios de ejecutar materialmente la excavación y el depósito en caballero

Procedimiento que se va á seguir para demostrar la conveniencia de los aparatos elegidos para la excavación y depósito de los productos.

Determinadas todas las condiciones de la excavación que hay que practicar, y estudiado cuanto concierne á la forma de depositar los productos, es procedente ocuparse de los medios materiales que deban emplearse para realizar estas operaciones, que es indispensable considerar simultáneamente.

Las excavaciones pueden hacerse por medio de aparatos á flote, ó dragas, empleando máquinas emplazadas sobre carriles, que pueden ser palas ó cucharas del tipo americano, ó bien excavadores de rosario y cangilones.

La elevación y transporte de los productos se puede hacer por elevadores flotantes de impulsión ó de rosario, por medio de planos inclinados, por medio de grúas, vías férreas y locomotoras, y usando cables transportadores.

Desde el primer momento se eligieron los excavadores de cangilones como medio de excavación, y los cables transportadores sistema Lidgerwood como medio de verificar el transporte y depósito en un sólo caballero de trece metros y cincuenta centímetros de altura máxima, nueve metros de altura mínima y ciento treinta y ocho de latitud en su base; dimensiones que son necesarias para que cada metro lineal de caballero contenga el volumen de excavación que corresponde á este mismo metro, contado según el eje de la Corta.

Para justificar esta elección se describirán los aparatos y su modo de funcionar; se determinará el número de los necesarios para hacer la Corta en seis ó siete años; se calcularán sus gastos de explotación, conservación, abastecimiento y amortización, y además se estudiarán las obras accesorias, íntimamente ligadas con el uso de estos aparatos que sea indispensable construir para realizar con ellos la apertura de la Corta; y, finalmente, y una vez en posesión de todos estos datos, se dará á conocer el valor total de excavación y depósito por unidad, y los valores de los distintos elementos que lo forman.

Después se acabará de demostrar la conveniencia de aquellas disposiciones, completando de esta suerte los conocimientos que se necesitan para formar un primer juício del resultado de las adoptadas para la ejecución de las obras, exponiendo algunas consideraciones de generalidad y buscando su confirmación en las experiencias y conocimientos prácticos que se han obtenido en las aperturas de los principales canales marítimos modernos.

Material de excavación y transporte existente en las obras.

Los excavadores de rosario, movidos á vapor, son muy conocidos, y, como antes se ha dicho, existe en las obras de la ría del Guadalquivir y Puerto de Sevilla uno de ochenta caballos, capaz de excavar á siete metros de profundidad ochenta metros cúbicos por hora. Sus resultados son excelentes.

Se completa el trabajo de este excavador haciendo el transporte de sus productos por medio de dos locomotoras, de peso de seis toneladas y media en orden de marcha, y de sesenta vagonetas-volquetes de hierro que circulan sobre una vía estrecha Decauville, de 0,60 metros de anchura.

La potencia del tren de transporte no está en relación con la capacidad de trabajo del excavador, por lo cual no se ha podido llegar todavía á producir ordinariamente un trabajo mayor de 350 metros cúbicos, vertiendo en los lugares designados.

Imposibilidad de emplear este material en la apertura de la Corta.

Este tren, proyectado y adquirido con el fin de excavar hasta un par de metros por debajo de la bajamar, depositando los productos en terraplenes situados á dos ó tres kilómetros del tajo de desmonte, tiene bastante buenas condiciones para trabajar en las barrancas, rectificando y regularizando el cauce de la ría en los tramos rectos y en las puntas convexas de las vueltas, y en esta clase de trabajos ha de producir, sin duda, satisfactorios resultados, sobre todo si

se tiene la precaución de abreviar las operaciones del vaciadero, depositando los productos en terraplenes de una cota tan grande como se pueda en cada caso.

No se debe, pues, pensar en utilizar este aparato en la apertura de la Corta de Tablada, pues existe tal cantidad de desmonte de barrancas á ejecutar (véanse los planos, hojas números 3 y 4), que no solamente tendrá aplicación en este género de obras el excavador de que se dispone, sino que, después de terminada la Corta, y durante años, los excavadores que se empleen en su apertura han de continuar trabajando en la rectificación de márgenes y en el desmonte y regularización de las puntas convexas de las vueltas.

Profundidades de la excavación y tajos verticales en que debe dividirse.

Las secciones transversales del primero y segundo trozo de Corta enseñan que las profundidades de la excavación son, respectivamente, en la primera, de catorce á quince metros, y en la segunda de doce y medio á trece. De aquí se deduce que los excavadores han de practicar en dos tajos verticales el desmonte de la profundidad total.

Condición esencial que debe tenerse presente para determinar las profundidades de las excavaciones.

En el primer tajo, la vía en que éstos se mueven estará sentada sobre el terreno natural; y en el segundo, se colocará sobre el fondo que se dejó en el primer tajo; por consiguiente, éste deberá dejarse á una altura tal, que en todos los casos y circunstancias se tenga la seguridad de que las aguas no han de permanecer ni alcanzar la cota á que se encuentre.

Modo de evitar los inconvenientes de las aguas producidas por filtraciones.

Será posible defenderse de las aguas de filtración por medio de agotamientos, si conviene y son poco importantes; y también pueden localizarse las aguas de este origen dejando barreajes de tierra de altura suficiente en los tramos que las produzcan, evitando de esta suerte que se corran á todo lo largo de la excavación de la Corta, inundando los trozos en que no se produzcan.

Manera de evitar la entrada en las excavaciones de las aguas del Guadaira y del Guadalquivir.

Para evitar la entrada de las aguas del Guadalquivir por las dos bocas de la Corta, y las del Guadaira por las dos secciones de la intersección con este río, hay que dejar malecones de conveniente altura y espesor, que se obtendrán no excavando la cantidad al efecto necesaria del terreno natural.

La entrada de las aguas de las inundaciones extraordinarias se evitará rodeando el terreno en que se emplazan las obras por un dique general de recinto, de tierra, enrasado en cada punto á mayor altura que la que alcanzó la mayor avenida conocida, que es la del 92.

Precaución eficaz que debe tomarse para dejar en todos los casos en seco el plan de trabajo del segundo tajo de la excavación.

Es de esperar, según la pequeña importancia que han de tener las filtraciones, y por virtud de la eficacia de las obras que se acaban de mencionar, destinadas á impedir la entrada de las aguas de todas procedencias, que la totalidad de las excavaciones, ó al menos su inmensa mayoría, se practiquen en seco, como conviene mucho para los mismos trabajos de excavación, y principalmente para las operaciones de vertido, transporte y depósito de los productos; pero sería imprudente y peligroso no tomar precauciones, merced á las que se tuviera la absoluta seguridad de bajar el nivel de las aguas en el interior de la excavación, si, por desgracia, fuere inevitable su entrada, por debajo del plan de asiento de los excavadores que practicarán el segundo tajo de profundidad.

Afortunadamente es fácil por demás conseguir este objeto; no hay más que establecer á la altura de la bajamar, en los malecones de las dos bocas del Guadalquivir, desagües que puedan funcionar á voluntad por medio de llaves, y con capacidad suficiente para dar paso en pocos días al agua contenida en la excavación por encima del nivel de la bajamar; de esta suerte quedaría satisfactoriamente resuelto el problema, adquiriendo la indispensable seguridad de dejar en seco en todos los casos el plan de asiento de los excavadores encargados de hacer el segundo tajo vertical. Este plan deberá situarse, por consiguiente, un metro por encima de la bajamar.

Altura de los dos tajos verticales de la excavación.

Por tanto, el primer tajo vertical de desmonte de los excavadores tendrá en el primer trozo, desde la boca alta al Guadaira, una profundidad aproximada de siete metros; y en el segundo, desde el Guadaira á la boca baja, una de seis metros.

El segundo tajo vertical tendrá en el primer trozo, hasta el perfil 7 (véase el plano, hoja número 6), profundidades de ocho y nueve metros, y en el resto de este trozo y en el segundo, una profundidad uniforme de siete metros y medio.

Profundidad á que deben ser capaces de trabajar los excavadores.

Los excavadores, por consiguiente, deberán ser capaces de trabajar á más de nueve metros de profundidad, ó mejor, á diez metros de profundidad.

No hay que creer sea exagerada esta apreciación; la práctica enseña que no es aceptable el trabajo de un excavador cuando lo ejecuta al límite de profundidad previsto en su construcción; entre otras razones que saltan á la vista, que son aplicables á todos los mecanismos, hay que añadir para este una razón especial.

Cuando los excavadores de cangilones trabajan á su límite de profundidad, deja el rosario un talud demasiado vertical, en el que, generalmente, las tierras no son estables, y mucho menos lo son cuando á ochenta ó noventa centímetros de la arista que deja el rosario existe una vía que soporta pesos de ochenta ó noventa toneladas, que es el de los excavadores, que principalmente cargan sobre el carril más próximo á la excavación; puede, pues, haber peligro serio cuando los excavadores trabajan al límite de su profundidad, sobre todo si los terrenos que excavan no presentan gran cohesión, como en el caso actual.

Pudiera pensarse también en adquirir dos tipos de excavadores, destinando uno para el primer tajo, capaz de llegar á seis metros y medio, profundidad límite que debe llevarse hasta siete metros y medio, y otro destinado á trabajar á nueve metros, límite, ó sean diez metros; mas esta solución, que presentaría la única ventaja de disminuir en doce ó quince mil pesetas el precio de los excavadores del tipo menor, traería los inconvenientes de aumentar las piezas de repuesto, de quitar uniformidad al material, de dividir en todos los casos, hasta en los imprevistos, el empleo de las dos clases de excavadores que no podrían sustituirse entre sí.

Además sería más difícil la aplicación de este material después de terminada la Corta; y también, si llegara el caso de tener que utilizar estos aparatos para aumentar las profundidades extrictas con que se inicia su apertura, por causa de que las acciones del régimen, contra lo que es de esperar, no fueran suficientes para llevarla en anchura y en profundidad á las dimensiones definitivas, los excavadores que trabajan prácticamente á seis metros y medio quedarían sin empleo y sin utilización posible.

Por todas estas razones se estima que los excavadores que se empleen en la Corta deben ser todos iguales y capaces de excavar á la profundidad límite de diez metros, contada desde la cabeza del carril que los contiene.

Trabajo efectivo por hora de un excavador.

En vista del volumen de excavación que hay que practicar para la apertura de la Corta de Tablada, que es de 7.142.457,95 metros cúbicos, teniendo presente que el plazo de su ejecución debe ser de seis ó siete años, y también que de un modo general es preferible, para hacer el mismo trabajo, emplear pocos aparatos de gran rendimiento que muchos de poco, es de esperar, desde luego, que la capacidad de trabajo efectivo y práctico de los excavadores que se puedan emplear en la apertura de la Corta deba ser de unos cien metros cúbicos por hora.

Para determinarla suficientemente será preciso contar con la capacidad de trabajo que á su vez puedan alcanzar los cables transportadores que han de efectuar la conducción y depósito de los productos de la excavación.

Idea general de un cable-transportador

Por toda clase de razones hay, pues, que ocuparse de estos aparatos.

Un cable-transportador consiste, en esencia, en un cable vía atirantado y sostenido por dos castilletes de madera, llamados de cabeza y de cola, que corren sobre vías férreas. El primero tiene unos treinta metros de altura, y el segundo unos veinte ó veinticuatro; sobre la plataforma en que se apoya el castillete de cabeza existen: un torno especial movido á vapor, un generador de noventa caballos, otro torno encargado de producir el movimiento de avance sobre los carriles de este castillete, una pequeña bomba destinada á elevar el agua consu-

mida por la caldera á un depósito colocado en el castillete, y una dinamo encargada de producir la electricidad necesaria para dos focos que tienen por misión alumbrar durante el trabajo de noche.

En el castillete de cola hay también un pequeño generador de vapor que, por intermedio de un torno, produce su movimiento de avance sobre la vía correspondiente; la plataforma lleva, además, el lastre necesario para hacerla estable.

Por el cable-vía corre un carretón de acero de un peso aproximado de una tonelada, al que va suspendido un cubo-vagoneta de palastro, de forma prismática alargada, que lleva los productos de la excavación.

El torno del castillete de cabeza, y por medio de cables que desde él se accionan, puede imprimir al carretón movimientos de avance y retroceso, de subida y de bajada, deteniéndolo á voluntad, y, además, puede hacer adoptar al cubo una posición tan inclinada como se quiera para verter los productos que contenga. Este cubo se suspende del carretón por medio de ganchos.

Debajo de la canal-vaciadero del excavador debe instalarse una vía estrecha de carriles en U, sobre la que deben correr los cubos que han de llevar plataformas sobre ruedas.

Lleno el primero, se engancha del carretón del cable y lo conduce al vaciadero, volviéndolo después al emplazamiento del excavador, y depositándolo á la cola de la fila de cubos-vagonetas; durante el tiempo que se invierte en esta operación, el excavador, por su parte, ha hecho avanzar el tren que forma el conjunto de cubos-vagonetas lo suficiente para colocar debajo de la canal el segundo, que, á su vez, después de lleno, es cogido por el cable, que lo devuelve vacío al aparato excavador, y así sucesivamente.

Algunos jornaleros están al cuidado de los enganches, ayudan al depósito de los cubos-vagonetas sobre la vía, y se ocupan de dejar pasar ó detener, por medio de una compuerta, según convenga, los productos del excavador por su canaleta.

Trabajo efectivo por hora de un cable-transportador.

El número de cubos que lleve el transportador desde el excavador al vaciadero y viceversa, dependerá, en la unidad de tiempo, de la distancia que deba recorrer el carretón, de la velocidad que se le imprima, del tiempo perdido en los enganches y desenganches y en el depósito de los cubos sobre la vía. El tiempo para vaciar es inapreciable.

Según se ve en los perfiles transversales que se dibujan en el plano, hoja número 6, la luz del cable comprendida entre las dos torres, es de 282 metros, y la distancia entre el eje de la excavación y el eje del terraplén es de 140,00 metros; y como quiera que la velocidad ordinaria que se emplea en los carretones de los cables transportadores es de unos 300 metros por minuto, tendremos que en una hora se podrán hacer, contando con los tiempos perdidos en los enganches, desenganches y colocación del cubo-vagoneta en la vía, unos 33 viajes redondos; y como cada cubo-vagoneta conduce tres metros cúbicos, tendremos que la capacidad de depósito del cable transportador será, por hora, de unos cien metros cúbicos.

Trabajo efectivo, medido en el caballero, que, á su vez, debe desempeñar el excavador en la misma unidad de tiempo.

Capacidad de trabajo de un excavador y de un cable-transportador.

Ahora bien; para que este trabajo resulte en la práctica de un modo corriente y sin fatigar demasiado los organismos de los dos aparatos, teniendo en cuenta para el excavador los pequeños tiempos perdidos en el corrimiento de los cubos-vagonetas por debajo de la canal del vertedero, será indispensable que la potencia de trabajo, para que esté construído, sea la de ciento veinte ó ciento treinta metros cúbicos por hora; y teniendo en cuenta para el cable que la mejor manera de aumentar su trabajo es la que se funde en dar un incremento, que puede ser de veinticinco centésimas de metro cúbico, á la cabida de construcción del cubo-vagoneta, tendremos que las excavadoras y cables deberán alcanzar

por construcción una capacidad de trabajo de ciento veinte metros cúbicos por hora, que equivaldrá á una efectiva de unos cien metros cúbicos medidos sobre el caballero.

Plazo de apertura de la Corta.

Para determinar el plazo de construcción de la Corta habrán de tenerse en cuenta estos datos, y también el hecho de que el río Guadaira, dividiéndola en dos trozos, interrumpe la continuidad de la marcha de los talleres de excavación y transporte, obligando á considerarlos separadamente.

El primer trozo tiene un volumen, medido en terraplén, de 3.051.733,15 metros cúbicos; y el segundo arroja otro de 4.090.724,80 metros cúbicos.

Si, pues, se calculan dos talleres en el primer trozo, y otros dos en el segundo, haciendo uno en cada trozo, el primer tajo vertical y otro el segundo, se tardará, trabajando al año tres mil quinientas noventa y seis horas, sumadas por trescientas jornadas diurnas á nueve horas, y ciento doce nocturnas á ocho, cuatro años y tres meses en terminar el primer trozo, y cinco años y medio en concluir el segundo.

Desmontando los dos talleres del primer tramo después de concluído, y llevándolos al segundo, se podrá hacer la apertura total de la Corta en un período de cinco años, que debe considerarse mínimo.

Si se trabaja solamente de día, á razón de nueve horas diarias, con sesenta y cinco días de paralización, cada taller hará doscientos setenta mil metros cúbicos, y se tardarán en el primer trozo cinco años y medio, y en el segundo siete y medio. Cambiando los talleres del primero al segundo trozo, como en el caso anterior, se podrá hacer la Corta en siete años, plazo máximo de su ejecución.

Pero el desmonte que se efectúa con los excavadores debe concluirse un año antes del momento en que se desee introducir las aguas por la Corta, poniéndola en servicio, con objeto de disponer del tiempo suficiente para hacer desaparecer los malecones de terreno natural que se dejaron para impedir la entrada de las aguas del Guadalquivir y del Guadaira; y del mismo modo será indispensable llevar el desmonte de la Corta en su primer trozo, de tal suerte, que la instalación del muelle y la del puente giratorio se hagan con la opurtunidad conveniente para que el primero quede concluido al mismo tiempo ó poco después de dar paso á la navegación por la Corta, y para que el segundo se termine totalmente sirviendo el tráfico de la dehesa de Tablada y de los cortijos y huertas que existen del lado derecho de la Corta, con el fin de que no se interrumpa ni un solo instante.

Teniendo, pues, á la vista estas consideraciones y los recursos de que se dispongan en cada momento del período de ejecución de las obras, se manejarán los excavadores y cables, y, en general, todos los medios de ejecución, tratando de terminar el puente giratorio ocho ó diez meses antes que la Corta, el muelle un poco antes ó al mismo tiempo, y ésta en un plazo de siete años, que es el que se ha fijado en este proyecto; entendiéndose que, dentro de este plazo, la Corta debe ser utilizada por la navegación, terminando completamente sus obras.

Convendrá, pues, durante el período de los siete años que ha de durar la ejecución de la Corta, y la de las demás obras con ella relacionadas, acelerar ó retardar la velocidad de trabajo de alguno ó algunos de los talleres, y para lograr esto se dispondrá del trabajo nocturno de excavadores y transportadores, á pesar de los inconvenientes genéricos que trae consigo, y, por esta causa, se ha considerado en este proyecto y se ha tenido en cuenta para la deducción del precio por metro cúbico de excavación y transporte á caballeros.

Caballero suplementario con transporte longitudinal.

En cuanto antecede se viene haciendo implícitamente la hipótesis de que el caballero de depósito de los productos de la excavación puede ser instalado en la margen izquierda de la Corta, de tal manera que en toda lo longitud de ésta cada metro lineal de terraplén contenga el volumen que corresponda al metro lineal de desmonte, contados los dos según el eje de la trinchera; pero esta

hipótesis no se verifica en los quinientos sesenta metros primeros de su longitud, porque hay que reservar la superficie que debía ocupar el caballero para instalar el terraplén de la zona de servicio del muelle. (Véase el plano, hoja número 6).

Por otra parte, aun prescindiendo de las ventajas que ofrece el emplazamiento del caballero en la margen izquierda sobre su construcción en la derecha, no se puede pensar en llevar á ésta el correspondiente á los quinientos sesenta metros de longitud, por no disponer de la superficie necesaria, si no es haciendo gastos grandes de expropiación de los depósitos de petróleo de los señores Deutsch y Compañía.

Además, debe hacerse notar que, precisamente en la superficie de terreno de la margen izquierda, fronteriza á los primeros mil seiscientos metros de longitud de la Corta, es donde han de recibir más pronta y más valiosa aplicación las tierras de los caballeros y los terrenos que éstos ocupan, porque, sin duda alguna, la superficie indicada, comprendida por el paseo, la Corta y la zona de servicio, será la que antes se urbanice, construyendo edificios de carácter comercial y hoteles de lujo.

Visto que ni en una margen ni en otra puede emplazarse el caballero de volumen normal, igual al del metro lineal de excavación, será indispensable hacer un transporte longitudinal, complementario del que realizan los cables, de toda la excavación, comprendida por la zona de servicio.

El volumen á transportar longitudinalmente será igual al que produzca la excavación, disminuído del que se necesite para hacer el terraplén de aquella zona, que ha de tener, para evitar su inundación, una cota sobre el terreno de setenta centímetros en la arista de la excavación, y de 2,55 metros al final de la latitud de dicha zona de servicio, para dar la pendiente necesaria al desagüe de su superficie.

Volumen del terraplén complementario.

El volumen que ha de tener un transporte adicional así deducido viene á ser de unos novecientos mil metros cúbicos, con el que habrá que crear un terraplén ó caballero suplementario, debidamente emplazado, en virtud de la carencia de vaciaderos de otro género que existe en la región.

La manera más práctica y económica de hacer el transporte adicional de estas tierras, consiste, á no dudar, en disponer trenes de vagones volquetes que, cargándose con los cables transportadores, conduzcan las tierras á un caballero de la forma y emplazamiento que resulte más conveniente.

El lugar más apropiado para construir este caballero es, sin duda alguna, la superficie inmediata al talud posterior del caballero normal construído solamente por los cables transportadores, sin auxilio alguno; pero puede emplazarse del lado acá ó del lado allá del Guadaira; emplazarlo del lado allá del Guadaira tiene el inconveniente de aumentar la distancia de transporte y de exigir la construcción de un puente sobre este río, y parece presentar la ventaja de que ha de ser más barata la adquisición de la superficie que debe ocupar el caballero, porque del lado allá del Guadaira los terrenos son de labor y pertenecen al término de Dos-Hermanas, y los del lado acá pertenecen al término de Sevilla y pueden ser considerados como edificables.

Esta ventaja es aparente y no tiene realidad alguna, porque, en primer lugar, la superficie que ha de ocupar el caballero no es grande, pues dándole una cota de diez metros, queda reducida á nueve hectáreas; y en segundo lugar, el aprovechamiento ulterior de las tierras y de los terrenos que ocupa el caballero adicional son nulos después del Guadaira, y serán considerables y de valor del lado acá de esta corriente, sobre todo si se acerca su emplazamiento á la zona de servicio del muelle y á la de preferencia de esta región, que es, sin duda alguna, la más próxima á Sevilla; procediendo así se acorta también la importancia del caballero adicional que se ha de hacer por medio de trenes.

EMPLAZAMIENTO Y FORMA DEL CABALLERO ADICIONAL.

Fundándose en estas razones, se ha emplazado el caballero producido por el transporte adicional de los productos de la excavación de los primeros quinientos sesenta metros lineales de Corta, en el lugar que se indica en el plano, dándole al terraplén una altura de diez metros y una forma en planta apropiada para aminorar el ripado de las vías de vertido y para regularizar la masa general de caballeros y la superficie que debe expropiarse.

MATERIAL DE TRANSPORTE PARA EL TERRAPLÉN ADICIONAL.

Se ha supuesto la vía y el material de locomotora y vagones que han de construir el caballero adicional del tipo normal, procediéndose así porque la potencia de transporte de los cables exige para su buen aprovechamiento un material grande en que depositar los productos conducidos por los cubos-vagonetas, y porque el material de vía y móvil recibirá buena aplicación en la manutención del tráfico de la zona del nuevo muelle de Tablada.

§ VI

PRECIO UNITARIO É IMPORTE DE LA EJECUCIÓN DE LA CORTA.

Definidas y organizadas las obras de la Corta de la manera dicha en párrafos anteriores, su ejecución resulta práctica, sencilla y uniforme á juício del autor del proyecto; se ve, además, que se ha conservado la elasticidad suficiente para tener en cuenta los imprevistos del orden técnico y del orden económico que siempre se presentan en las obras de cierta importancia, y también que se han tomado las precauciones necesarias para evitar los inconvenientes de las inundaciones y de la entrada de agua, por filtración, en las excavaciones.

PRECIOS DE EXCAVACIÓN Y DEPÓSITO DEL METRO CÚBICO.

Queda que hacer ahora el estudio económico de ejecución, representado por el análisis de los gastos de explotación, conservación, abastecimiento y amortización del material que se propone para ejecutarlas, y la estimación del valor de las obras accesorias que, á pesar de este carácter, forman parte principal de las de apertura de la Corta, y su influencia en el precio de la unidad de ejecución de la obra total.

En una palabra, queda por justificar el precio del metro cúbico y el importe de las obras de la Corta de Tablada, incluídos en el presupuesto.

En el Anejo número 7 de esta Memoria aparece, según ordena el formulario, la justificación de los precios que se usan en el grupo de obras de mejora del Puerto de Sevilla, á que pertenece la Corta de Tablada.

En el análisis especial del precio unitario de esta obra aparecen primero los datos de orden general que han de servir de base al cálculo del precio; después se detallan los elementos del valor de la excavación, determinados por las consideraciones ya expuestas; sigue la apreciación del valor del depósito en caballeros, y, á continuación, va el importe del transporte longitudinal del caballero adicional que ha de alojar el volumen excavado entre los perfiles 1 y 7 que comprende la zona de servicio del muelle de Tablada.

Todos los datos sobre jornales, consumo y valor de los materiales, son los corrientes hoy en la localidad.

PRECIO DEL METRO CÚBICO DE CORTA POR GASTOS DE ABASTECIMIENTO DE EXCAVADORES Y TRANSPORTADORES.

El abastecimiento de los excavadores y cables aéreos comprende los medios de conducir á los cuatro talleres el carbón, el agua, las grasas, las diferentes piezas que haya que reparar en los distintos mecanismos, los operarios, y también servirá para hacer el montaje de los excavadores y cables, que pesan, aproximadamente, unas 1.240,00 toneladas.

CONSUMO DE AGUA Y COMBUSTIBLE.

Cada excavador consume, por jornada de trabajo, unos 1.700 kilos de carbón y 12 metros cúbicos de agua para alimentar su generador, para limpieza y demás usos; y cada cable transportador necesita unos 2.400 kilos de carbón y 18 metros cúbicos de agua para el consumo de todos sus generadores; por consiguiente, un taller necesitará, como máximo, aproximadamente, diario, treinta y

cuatro toneladas de agua y carbón; y los cuatro talleres exigirán diariamente el transporte de ciento treinta y seis toneladas; las que, en su mitad, próximamente, recorrerán una distancia máxima de dos mil seiscientos metros que media entre la boca alta de la Corta y el Guadaira, y la otra mitad una distancia máxima de cinco mil ochocientos setenta metros.

Vía férrea destinada al abastecimiento de los talleres de excavación y depósito.

Claro es que, para realizar los transportes de material y piezas de los diferentes mecanismos de los talleres á semejante distancia, se necesita disponer de una vía férrea servida con una locomotora y el material móvil necesario.

La anchura de esta vía debe ser la normal, ya porque así lo requiere el servicio de un aprovisionamiento tan importante, ya también porque lo mismo el material de vía que la locomotora y el material móvil, siendo para vía ancha, tendrán una aplicación satisfactoria en la zona de servicio del nuevo muelle y en el transporte de mercancías desde las estaciones, que hace la Junta en el muelle actual y que hará indudablemente en el de nueva instalación.

Material móvil.

Con una sola locomotora-ténder de unas veinte toneladas de peso, tres vagones algibes y dos de bordes altos para carbón, hay suficiente material para realizar el aprovisionamiento, sin que el número de viajes sea excesivo; debiendo advertirse que, aunque las distancias no son grandes para la velocidad de que puede ser capaz la máquina, los tiempos perdidos sí lo serán por las detenciones que necesariamente han de experimentar los trenes al cargar en la boca alta de la Corta y al descargar en cada uno de los talleres, porque el manejo del carbón se hará á brazo y la traslación de agua deberá realizarse por medio de bombas, que no pueden ser de gran potencia.

Con arreglo á estas disposiciones, se han calculado los gastos de personal y material del servicio de trenes y los del valor de este material especial y su amortización, que aparecerán en lugar oportuno.

Precio del metro cúbico de Corta por gastos de saneamiento de los emplazamientos de terraplenes y caballeros.

Se dijo al principio de este capítulo, al tratar de las generalidades de la obra, que los depósitos en caballeros y en los terraplenes de la zona de servicio alteraban el curso de las aguas en los terrenos que ocupaban, y también allí se manifestaron los medios que parecían adecuados para sanear estos terrenos.

Por consiguiente, en el valor del precio total de Corta se han tenido en cuenta los gastos que representan la ejecución de estas obras, calculados al detalle en la especificación á que nos venimos refiriendo.

Precio del metro cúbico de corta por refino de terraplén de caballeros.

Los caballeros y los terraplenes de la zona de servicio necesitarán evidentemente un refino de la superficie, dirigido en los caballeros á proporcionar el libre curso de las aguas en sus diversas caras, evitando encharcamientos, y en los terraplenes á crear con la perfección posible el plano de pendiente uniforme en que se ha de instalar la zona de servicio.

El valor de estos refinos se ha estimado en 0,023 peseta.

Precio del metro cúbico de corta por gastos de defensa de las aguas del Guadaira y del Guadalquivir.

Las obras que, según se ha manifestado antes, son necesarias para practicar las excavaciones en seco, aparecen calculadas bajo el epígrafe de «Diques y malecones de defensa,» en la justificación de precios del anejo citado; sobre ellas sólo hay que decir que al malecón de defensa de la boca alta se le han dado veinte metros de anchura en la coronación, no sólo con el objeto de que presente resistencia suficiente, sino también con el fin de que por esta superficie pase, durante las obras, el tráfico que hoy sostiene el camino de Tablada y de las demás huertas y cortijos de la orilla derecha.

Al malecón de la Punta del Verde y á los dos del Guadaira se les ha dado un espesor en la coronación, á la altura del terreno natural, de quince metros.

Por lo demás, claro es que, para levantar estos malecones, habrá que hacer excavaciones en seco, cuyos productos se depositarán en las márgenes cóncavas del Guadalquivir, en las puntas de los Remedios y del Verde, y dragados que se efectuarán con los medios ordinarios de que dispone la Junta de Obras.

Precio del metro cúbico de corta por amortización del material.

El valor de la amortización del material se ha obtenido estimando primero el de todo el que se necesita para la ejecución de las obras á los precios que son corrientes y vigentes en la localidad, según resulta del cálculo que aparece en el Anejo número 7; después se ha calculado el valor que podrá tener dicho material, una vez terminada la obra, aplicando á cada aparato, con gran amplitud, la baja correspondiente de su valor de compra.

Así, á los excavadores, á los vagones-volquetes y á la grúa de vapor del embarcadero, se les ha bajado el noventa por ciento; á los cables transportadores y á los vagones algibes se le ha bajado el ochenta; á las locomotoras el setenta por ciento, y en el material de vía se ha supuesto que serían aprovechables solamente los carriles y las piezas matálicas de los cambios.

Para hacer todas estas rebajas, no solamente se ha tenido en cuenta el desmérito que han de sufrir las diversas clases de material, exagerándolo como debe hacerse en estos casos, sino que también se ha tenido á la vista la probable aplicación que inmediatamente pueden tener en las obras cada uno de los aparatos, materiales y efectos.

Procediendo así se ha llegado á evaluar el material total de ejecución de las obras en 1.622.432,00 pesetas, y el importe de este mismo material, después de terminadas, en 361.566,40 pesetas, quedando para amortizar, por consiguiente, la suma de 1.260.865.80 pesetas.

Precio total del metro cúbico de apertura de la Corta.

En virtud, pues, de cuanto antecede, el precio total de la unidad de las obras de apertura de la Corta, incluyendo todos los gastos de ejecución, se compondrá, según se detalla en el anejo, de los precios parciales siguientes:

Precio del metro cúbico de Corta.

Excavación.	0,103
Depósito en caballeros.	0,163
Transporte longitudinal á caballero adicional.	0,017
Abastecimiento de todo el material. . . .	0,027
Conservación de íd., íd.	0,109
Tajeas de saneamiento de terraplenes y caballeros.	0,027
Refino de terraplenes y caballeros. . . .	0,023
Malecones y diques de defensa.	0,031
Amortización del material.	0,175
Total.	0,675

Importe total de la apertura de la Corta.

De suerte que el coste de la apertura de la Corta de Tablada será:

7'142.457.95 m.³ × 0,675 pesetas = 4.821,159,11 pesetas;

el precio del metro cúbico, sin amortización, 500 pesetas, y el importe de la anualidad para ejecutar la Corta en siete años, 520.379,07 pesetas.

§ VII

Comparación de las obras de la Corta de Tablada con las de apertura de los principales canales marítimos

Consideraciones de carácter general que justifican la

Ocasión es esta de cumplir la promesa hecha al principio de este capítulo, de demostrar, en sentido general, las razones de la elección de los medios de ejecución de la excavación y depósito en caballeros, y de presentar datos refe-

ELECCIÓN QUE SE HA HECHO DE LOS MEDIOS DE EXCAVACIÓN Y DE DEPÓSITO.

EXCAVACIÓN Y DEPÓSITO EJECUTADOS POR APARATOS Á FLOTE.

rentes á la apertura de los canales principales, realizada en los últimos años, con el fin de hacer un estudio comparativo con los resultados de todo género que probablemente se han de obtener en la apertura de la Corta de Tablada, realizada según se acaba de exponer.

El empleo de dragas, de cualquier sistema que sean, para hacer la excavación, presenta en principio el inconveniente de que estos aparatos, en general, no se prestan bien al desmonte de tierras con alturas de seis á siete metros por encima del nivel de flotación. Aun en la hipótesis de que este inconveniente se venciera, colocando en la proa un castillete y rosario encargado de hacer este desmonte, á la manera como lo ejecutan los excavadores de tierra, se tropezaría siempre con la dificultad de elevar los productos, lo mismo del rosario que trabaja debajo del agua, que del rosario que trabaja por encima de este nivel.

Porque, en efecto, el aparato elevador que se empleara debería ser flotante y debería pertenecer, ó al tipo de elevador de cangilones con canaleta larga, ó al tipo de elevador por succión de los productos que recibirían las bombas impulsoras, por intermedio de una tolva convenientemente colocada; y en ambos casos, los productos de las excavaciones en seco, y debajo del agua, tendrían que ir mezclados con grandes cantidades de este líquido, y además tendrían que ser elevados á grandes alturas si los productos habían de extenderse en caballeros que no ocuparan grande superficie.

Por otro lado, las mezclas semilíquidas que se producen con estos aparatos elevadores son poco adecuadas para formar caballeros de gran altura.

Para obtener con ellas este resultado sería inevitable la construcción previa sobre la superficie de depósito de verdaderos diques que, formando recinto, crearan vasos de decantación.

Ahora bien; la práctica demuestra que, en lo relativo al depósito de estos productos por decantación, hay que considerar dos casos esencialmente distintos; que se trate de productos arenosos, ó que se deban manejar productos arcillosos; los primeros se depositan enseguida, quedándose en las proximidades del extremo del tubo ó de la canaleta que los conduce, obligando á remover con frecuencia extraordinaria el tubo ó canaleta; operación que no deja de ser difícil y costosa; y si se trata de productos arcillosos ó compuestos de arcilla y arena fina, suponiendo que los tubos y canaletas los conduzcan muy divididos, se necesita mucho tiempo para que tenga lugar su decantación. Además, en todos los casos hay que preocuparse de que la fuerza de la máquina impulsora sea suficiente á producir una velocidad de trabajo aceptable y también de dar salida á las aguas sobrantes de la decantación, que representan un volumen considerable de bastantes millares de metros cúbicos.

Todos estos inconvenientes que se acaban de citar, que son inherentes al trabajo de excavación y depósito de los aparatos á flote, adquieren gravedad suma en el caso de la Corta de Tablada, ya por el considerable valor del terreno en que se emplazan las obras y de los cultivos que mantiene, ya por las dificultades con que se lucharía para desaguar las aguas sobrantes de la decantación, ya por causa del paludismo que, probablemente, se desarrollaría en la zona de los trabajos, más que inmediata, próxima á Sevilla.

También creemos inadmisible, bajo el punto de vista económico, el empleo de los aparatos á flote; pues la altura y latitud de los caballeros que es necesario ejecutar para albergar el volumen de tierras que por metro lineal produce la excavación, que no pueden ser menores de seis ó siete metros de altura y ciento quince ó ciento veinte, en el caso más favorable de ejecutarse un caballero á cada lado de la trinchera, exigiría en las máquinas elevadoras fuerza extraordinaria y no acostumbrada; pues empleando cangilones, tendrían que elevarse los productos de la excavación á una altura de diez y nueve metros, que sería la suma de seis ó siete metros, distancia entre la línea de flotación y el borde de la barranca,

más otros seis ó siete metros de altura del caballero, más cuatro ó cinco metros que se necesitaría para disponer de pendiente necesaria para llevar los productos al lado del caballero más separado de la Corta, y empleando la impulsión en tubería cerrada, las bombas necesitarían crear en el origen de la cañería una presión representada por la misma á mayor altura de diez y nueve á veinte metros.

El trabajo que representa la elevación de ochenta ó cien metros cúbicos por hora á semejantes alturas, exige, evidentemente, el empleo de máquinas poderosas montadas sobre embarcaciones de gran porte, que producirían grandes gastos de personal, combustible y material; dispendios éstos que, unidos á los de creación de los diques que habían de formar los vasos de decantación, á los motivados por el contínuo movimiento de tubos y canaletas, y á los representados por las obras de desagüe de las aguas sobrantes, harían que fuera probablemente muy elevado el precio resultante para la unidad de ejecución de la Corta.

Excavación y depósito por aparatos sentados sobre vías situadas en el fondo de la trinchera.

Si, desechados los aparatos flotantes, se consideran las cucharas ó palas americanas ó los excavadores que trabajan teniendo el rosario sobre el nivel de la vía en que van sentados, tendremos para todos, entre otros inconvenientes, el de que dejarían de emplearse si las filtraciones del terreno de la Corta, sin ser grandes, fueran de entidad suficiente para humedecer mucho ó encharcar el terreno sobre que se asientan las vías de estos aparatos; y llegaría hasta provocarse un verdadero conflicto si, ingresando las aguas de avenida por rotura del dique de recinto de defensa, hubiera necesidad de desaguar la trinchera por medio de máquinas elevatorias, pues es visto que el desagüe natural no podría realizarse más que de aquel volumen de agua que fuera superior á la altura de bajamar.

También sería grave y haría ineficaz el uso de los aparatos antes mencionados la circunstancia de que en algún punto de la Corta, ó en una parte importante de su longitud, se presentaran filtraciones de magnitud suficiente para que fuera caro y costoso su desagüe.

Hay, pues, que desechar en absoluto todo aparato de excavación cuya vía de asiento tenga que estar precisamente en seco.

Por las mismas razones tampoco se pueden emplear los planos inclinados, que tienen, naturalmente, que apoyarse en el fondo de la excavación, que debe servir también para la circulación de los vagones ó vagonetas que han de subir por ellos.

Además, la anchura de la excavación de la Corta, la altura de barrancas y la latitud que no pueden menos de tener los caballeros, impiden por completo el empleo racional de este medio de elevación y transporte.

Desmonte y depósito por cables excavadores y transportadores.

Sólo queda que hacerse cargo de otro medio de excavación y transporte que no está comprendido en los grupos que se han examinado. Consiste en el empleo de un cable aéreo y trasportador montado sobre castilletes, análogo al tipo del cable adoptado en este proyecto. El carretón que corre por el cable lleva colgado un excavador de mandíbulas del género de los que caracterizan el tipo Priestman; al caer este excavador, se introduce en la tierra, y, al tirar para levantarlo, se cierra, quedando llena su cavidad de cierto volumen.

La cantidad de trabajo producido por estos aparatos varía sobre manera, según la clase de terreno en que trabajan y según que la excavación se haga en seco ó debajo del agua; producen su máximo resultado cuando excavan terrenos secos y sueltos, como arena, grava menuda, etc.; el resultado medio lo dan cuando atacan en seco ó con poca altura de agua tierras arcillosas compactas, y el resultado mínimo, cuando á grandes profundidades de agua atacan arcillas ó arenas de poca cohesión.

Pero en todos los casos se cargan con relativo poco volumen, no llegando al máximo obtenido ordinariamente á un metro cúbico.

Los cables por donde corren estos aparatos están sometidos, además, á enormes tensiones poco conocidas, provocadas por las adherencias del terreno al aparato excavador, que las soportan mal en las condiciones en que están instalados.

Evidente es, por todas estas razones, que esta clase de aparatos producirían por unidad de tiempo un volumen pequeño de excavación y depósito en la Corta de Tablada, trabajando ciegos si en el fondo de la excavación hay siquiera un par de metros de agua.

Por tanto, si no son aceptables bajo el punto de vista de la ejecución material de la obra, tampoco pueden ser admitidos para ejecutarla en un período de seis ú ocho años y de una manera económica, pues habría que multiplicar los aparatos para enmendar y corregir la poca intensidad de su trabajo.

COMPARACIONES DE LAS OBRAS DE APERTURA DE LOS PRINCIPALES CANALES MARÍTIMOS CON LAS OBRAS DE LA CORTA.

Buena prueba de los defectos de los excavadores colgados de cables y de los elevadores flotantes de todo género, es la de que no se hayan empleado en ninguno de los grandes canales abiertos hasta la fecha.

Como todo el mundo sabe, los principales han sido Suez, Manchester, Chicago, Corinto, Kiel, Amsterdan y Bizerta, y para que el lector se forme idea de la importancia de estos canales, comparada con la de la Corta de Tablada, de los importes totales y de los precios unitarios de ejecución de las obras, á continuación se incluye un estado que contiene los principales datos necesarios al efecto.

Canales.	Longitud. — Kilómetros.	Naturaleza del terreno.	Transporte y depósito.	Volúmenes. — Millones de metros cúbicos.	COSTE TOTAL millones de pesetas.	COSTE Precio de ejecución material por m.3 — Pesetas.	OBSERVACIONES
Súez.	160,0	Arenas, tierras arcillosas y roca. . .	Terraplenes, caballeros, grúas elevatorias y vaciado con gánguiles. . . .	73,5	547,9	6,42	Dragas de varios sistemas, grúas, trenes, excavadores.
Manchester.. .	57,1	76 millones m.³ areniscas. . . . . 35,1 id. id. tierras. .	Caballeros y terraplenes.	35,1	366,7	1,61	Se emplearon 100 excavadores de vapor, 6.300 vagones y 173 locomotoras; se extraían mensualmente 500.000 metros cúbicos.—Tiempo de ejecución, siete años.
Chicago.. . .	51,8	7,3 millones m.³ roca. . . . . . . 21,2 id. id. tierras. .	Caballeros	30,4	150,0	3,75	Se empezaron las obras en 1892.—Excavación con cucharas americanas.—Depósitos con planos inclinados, trenes, cantilevers y cables transportadores Lidgerwood; precio de este último transporte y depósito, 0,23 peseta.—Número de cables, 20.
Corinto. . . .	6,3	Aluviones y roca en gran cantidad, con cota máxima de 80 metros..	Terraplenes. . . .	9,5	292,5	5,00	La roca se excavó por medio de pozos que se ensanchaban.—El transporte de estos productos se hizo echándolos al fondo de los pozos, de donde los tomaban los trenes.
Kiel.	98,5	Toda clase de terrenos, excepto rocas duras..	Terraplenes. . . .	82,2	89,4	0,88	28 excavadores excavando en seco; 8 bajo el agua, con un trabajo los últimos de 1.060 metros cúbicos en veinticuatro horas; la consolidación de taludes costó 16 000.000 de pesetas.
Amsterdan. . .	»	Arenas y arcillas. .	Recrecimiento de terrenos.	79,4	195,0	1,61	Dragas y elevadores de rosario y succión.
Bizerta. . . .	2,4	Arenas y fangos arcillosos.	Recrecimiento de terrenos.	2,0	»	»	Siete años de ejecución.—2 grandes dragas de rosario, elevadores de id.
Corta de Tablada	5,8	Arcillas arenosas. .	Caballero á un sólo lado.	7,1	6,3	0,675	4 excavadores de cangilones y 4 cables transportadores.—Ejecución en siete años.

En él se observa, entre otras cosas, que en el canal de Chicago, donde se llevaron los productos á caballeros, fueron muy empleados los aparatos Lidgerwood; y que en el canal de Kiel, que se caracteriza por la excavación de tierras llevadas á terraplenes de caminos que había que construir y á otros vaciaderos, sufriendo todas las unidades cierto transporte longitudinal, se emplearon muchos excavadores de rosario, resultando un precio por metro cúbico de ejecución de 0,88 peseta, análogo al de 675 deducido para la apertura de la Corta de Tablada.

Parece, pues, que, por todas las razones hasta aquí expuestas, debe considerarse acertada la elección que se ha hecho de los medios de excavación, transporte y depósito, y debe tenerse por práctica la organización que se ha supuesto para las obras.

También resulta suficientemente justificado el precio unitario de su ejecución material, y, por consiguiente, el valor de las obras de apertura de la Corta de Tablada propiamente dichas, que es de 4.821.159,11 pesetas.

Ejecución de la desviación del Guadaira.

Como el importe de ejecución de la desviación del Guadaira queda justificado con lo dicho para la ejecución de la Corta, puesto que es una obra que se ha de realizar al mismo tiempo y con los mismos medios y procedimientos, queda, para terminar lo referente á la apertura de aquélla, ocuparse de lo relativo al puente giratorio que, según se ha visto, hay que construir sobre la Corta para las servidumbres de paso de la dehesa de Tablada y de los cortijos del Batán, Miura y Torre Cuéllar, y del pago de huertas llamadas Guadaira.

§ VIII

Puente giratorio sobre la Corta de Tablada

Razones que motivan la redacción de un anteproyecto en lugar de un proyecto.

Es evidente la necesidad de establecer sobre la Corta una obra que, sin impedir la navegación, ponga en comunicación las dos orillas, en vista de las importantes servidumbres que quedan interrumpidas con la ejecución de aquélla.

La obra destinada á prestar este servicio no se puede dejar de considerar en este proyecto de carácter general; pero, debiendo transcurrir, hasta el tiempo de su construción, cualquiera que ella sea y en todos los casos, un período mínimo de cuatro ó cinco años, ha parecido inútil redactar para su estudio un proyecto definitivo, habiendo creido preferible presentar hoy á la Superioridad un anteproyecto, estudiado hasta el punto de definir en principio las circunstancias que han de caracterizar la obra, dando á conocer al mismo tiempo la cifra aproximada de su valor.

De esta manera la Superioridad puede resolver sobre el modo general de ser de la obra, proporcionando base segura para la redacción ulterior y oportuna del proyecto de construcción, y á la vez, la Superioridad misma y la Junta, cuentan con los elementos necesarios para preparar y ultimar, según en cada momento se necesite, lo mismo el plan económico general de ejecución de las obras, que los planes parciales que deban formarse en cada período de la ejecución de la parte que corresponda.

Si bien se mira, la redacción de un proyecto completo de puente sobre la Corta de Tablada no hubiera proporcionado otros conocimientos aprovechables hoy, distintos de los que se acaban de enumerar, pues todos los datos referentes á precios, plazos de ejecución, importe total de la obra y demás, no podrían estar exentos de rectificaciones numerosas, impuestas por las circunstancias económicas y de todas clases de la época, aun lejana, en que se hubiera de tratar de su inmediata construcción.

Consideraciones sobre el anteproyecto redactado por el Ingeniero Sr. Zafra.

El anteproyecto de puente giratorio que se acompaña en volumen separado, redactado por el Ingeniero al servicio de estas obras, D. Juan M. de Zafra, es cumplidamente suficiente para el objeto á que se destina, antes explicado.

El Sr. Zafra empieza por ocuparse brevemente en la Memoria de la necesidad de la obra y de la manera de hacer la desviación de la servidumbre de paso que actualmente existe á través de la Corta, buscando, á la vez, el emplazamiento del puente, que elige con acierto, situándolo en el lugar que se ve en el plano, hoja número 6.

Elección del tipo general de puente.

A la vez compara rápidamente el tipo de puente giratorio, cualquiera que sea su extructura, con el puente transbordador de Bilbao, desechando este último, que, presentando, sin duda, inconvenientes para la clase de tráfico que ha de soportar, pierde sus ventajas características en el caso del puerto de Sevilla, puesto que éste no ha de ser frecuentado hasta el punto de que sea apreciable la diferencia de tiempo que resulte en la maniobra de una y otra clase de puente, ni tampoco hay necesidad, por el modo de ser de las aguas y de la canal, de obligar á los barcos á pasar por tramos de gran estrechez, si se adopta un tipo apropiado de puente giratorio.

Del mismo modo, la ventaja económica que parece debe quedar en principio á favor del transbordador, no existe tampoco en nuestro caso, por la poca longitud del puente giratorio, que depende de la relativa pequeña anchura de la Corta.

Juicio sobre el conjunto del anteproyecto de puente giratorio.

Aceptado el puente giratorio, el autor del anteproyecto discute perfectamente las condiciones generales de su extructura, su rasante, el número de apoyos y las dimensiones y forma del tramo giratorio, y las de los tramos que tienen por objeto dejar libre el paso por las orillas.

Todos los demás datos y resultados que se deducen del anteproyecto parecen fundados y procedentes, y con ellos se muestra en absoluto conforme el Ingeniero que suscribe, abrigando la convicción de que la obra que se construya, y que se ha de estudiar en un proyecto definitivo, no ha de diferir sensiblemente, bajo el punto de vista técnico, de la que se contiene en el anteproyecto, siendo, además, su importe análogo al que resulta de este documento, si bien desde luego se observa que se ha calculado con alguna exageración el valor de parte de sus elementos.

De todos modos, al redactar el proyecto se han de estudiar detenidamente, para buscar economía, no sólo los detalles de la extructura de la obra, sino también los precios de su ejecución.

Importe de sus presupuestos de ejecución material y de contrata.

El presupuesto de ejecución material asciende á la suma de 661.075,00 pesetas, que se han llevado al lugar correspondiente del presupuesto del grupo de obras de mejora del puerto, y el de contrata á 780.000 pesetas.

§ IX

Expropiación de los terrenos que se han de ocupar con la Corta

Justificación de la superficie de terreno que debe expropiarse.

La inspección de la proyección horizontal de las obras contenidas en el plano, hoja número 6, enseña los límites de la zona de terreno que hay que ocupar, que se han dibujado con una línea de trazos rojos cruzados; también da conocimiento de los propietarios de las diversas fincas comprendidas en la zona y los linderos de cada una.

Predios y propietarios á que afecta la expropiación.

Medidas las superficies respectivas, resulta que hay que expropiar los terrenos que se expresan en el siguiente estado:

Propietarios	SUPERFICIE — Hectáreas		Clase de terreno	Observaciones
			Término de Sevilla	
D. Alejandro Quijano. . .	14,575	93,000	Huerta naranjal de 1.ª	Casa de labor y noria. Superficie de las parcelas expropiadas no ocupadas por las obras, 3,125 hectáreas.
Excmo. Ayuntamiento. . .	2,625		Secano de 1.ª. . .	
Sres. Fourcade y Gurtubay.	1,125		Id. íd.. . .	
Ferrocarriles Andaluces.. .	1,100		Id. íd.. . .	Superficies de las parcelas expropiadas no ocupadas por las obras, 0,675 hectáreas.
Sra. Viuda de Camino y señores Basilio del Camino H.os.	69,750		Id íd.. . .	Casa de labor, almacenes, cuadras y norias. Superficie de las parcelas expropiadas no ocupadas por las obras, 4,575 hectáreas.
Camino de uso público. . .	3,825			
			Término de Dos-Hermanas	
Hospital de Utrera. . . .	130,135		Secano de 1.ª. . .	
SUPERFICIE TOTAL. .	223,135			

ANCHURA DE LA ZONA DE EXPROPIACIÓN.

La necesidad de la anchura que se ha dado á la zona de expropiación, queda á su vez demostrada, de un modo general, por el examen de los perfiles transversales que aparecen en el mismo plano.

CONVENIENCIA DE EXPROPIAR LAS PARCELAS QUE QUEDAN DESPUÉS DE TOMAR LA SUPERFICIE EXTRICTAMENTE NECESARIA.

A primera vista pudiera creerse que no era conveniente expropiar á los señores Quijano, Camino y á la Compañía de los Andaluces las parcelas que quedan comprendidas entre la zona de servicio del muelle, el camino para llegar á ésta y los linderos de la huerta de Esquibel y de los señores Martín, Pineda y Calvi; pero estudiando bien la cuestión, salta á la vista la conveniencia de la expropiación de dichas parcelas y de los edificios de los señores Camino contenidos en la de su propiedad.

TRANSFORMACIÓN RADICAL QUE HA DE SUFRIR LA ZONA DE TERRENOS EN QUE SE HACE LA CORTA.

En efecto, todos los terrenos de estas parcelas dejan de ser aprovechables para el cultivo, después de separar la superficie que extrictamente necesitan las obras por su pequeña extensión, por lo dividido que quedan y por la casi incomunicación que resulta para los edificios de los señores Camino, con toda la superficie de terreno cultivable que les queda del otro lado de la Corta.

La construcción de ésta y la instalación del centro comercial representado por el muelle de Tablada y su zona de servicio, han de transformar radicalmente, sin duda alguna, la aplicación y el modo de ser que en el día tienen todas estas tierras.

Las propiedades principales que existen en ella son hoy fincas agrícolas, de primera calidad, de las mejores, bajo todos puntos de vista, que existen en el término de Sevilla, por la fertilidad de sus tierras, por su considerable extensión, por la proximidad á la capital y hasta porque gozan del privilegio de inundarse, cada siete ú ocho años, abonándose sus terrenos con los légamos tarquinosos que depositan las avenidas.

SUPERFICIE QUE PUEDE CONSIDERARSE EDIFICABLE.

Además, no es posible negar que toda la superficie de terreno comprendida por el Guadaira y por el Guadalquivir, adyacente al paseo de la Palmera, está abocada á ser urbanizada por necesidades del ensanche de Sevilla, creándose una barriada de hoteles y de habitaciones de mayor ó menor lujo, sin que este porvenir, bastante inmediato, tenga relación alguna con la construcción de la Corta de Tablada y del nuevo muelle y puerto de Sevilla.

Ahora bien; si dado tal estado actual de cosas, se considera la influencia que en él ha de ejercer la construcción de la Corta de Tablada y del puerto, se comprenderá inmediatamente que este hecho, importantísimo para el porvenir de estos terrenos, los dividirá en dos partes esencialmente distintas: la una comprendida entre el puerto, la Corta y el paseo de la Palmera, cuya aplicación será exclusivamente la de ser urbanizada con las construcciones de lujo que se han manifestado antes, y además se levantarán en ella instalaciones de carácter in-

dustrial ó comercial, que traerán inevitablemente consigo la construcción de casas habitaciones para la población que viva del tráfico del puerto.

Es seguro que las construcciones de lujo se emplazarán en la zona próxima al paseo, y que las construcciones comerciales é industriales se acercarán al puerto y á la Corta, favoreciéndose mutuamente en cuanto á la rapidez con que las dos puedan nacer y desarrollarse.

Superficie que permanecerá en cultivo.

La otra parte, formada por las tierras que quedan del lado allá de la Corta, serán destinadas, casi exclusivamente, durante muchísimo tiempo, al cultivo, aunque es evidente que gozarán de las ventajas de su privilegiada situación.

Ventajas que resultan tomando las parcelas que quedan después de ocupar el terreno extrictamente necesario.

De todo lo expuesto hasta aquí resulta que los terrenos comprendidos entre la Corta y el paseo de la Palmera, aunque, sin duda alguna, serán cultivados en el corto tiempo que pueda tardarse en realizar la transformación antes dicha, deben ser considerados, desde ahora, como terrenos edificables al estudiar la aplicación que, en lo sucesivo, puedan tener las parcelas antes enumeradas y los edificios enclavados en ella.

Si la Administración, pues, dejara de expropiarlas, limitándose á tomar lo extrictamente preciso para instalar las obras, los propietarios actuales resultarían muy beneficiados con este proceder; porque, por un lado, recibirían el valor muy considerable de los daños y perjuícios representados por la división de sus respectivas fincas; y, por otro, continuarían siendo dueños de las parcelas no expropiadas que, sin duda alguna, serían de las primeras en edificarse, convirtiéndose en solares de los más caros y apreciados de la región.

Si, por el contrario, la Junta de Obras hace ahora la expropiación de las parcelas, tomando al Sr. Quijano y á los Andaluces la totalidad de sus terrenos, y á los Sres. Camino su parcela correspondiente, con los edificios en ella enclavados, ocupará la situación ventajosa que en el otro caso correspondería á los propietarios, viniendo á abonar por el importe total de la expropiación de la una y otra manera cantidades de muy análoga consideración, pues conocida es la gran importancia que suelen alcanzar en los expedientes de expropiación la valoración de los daños y perjuícios por división de fincas.

Por todas estas razones se ha supuesto en este proyecto que deben expropiarse las parcelas de los Sres. Quijano, Camino y de los Andaluces, habiéndose incluído en el presupuesto la superficie que debe tomarse medida, según esta hipótesis, para cada uno de los propietarios, y que asciende á 85.425 hectáreas, según se deduce del estado incluído anteriormente.

Estimación alzada del importe de la expropiación.

—

Clasificación de los terrenos.

Nada tan aventurado como la estimación del valor de las expropiaciones en todos los casos; pero el riesgo de equivocación sube de punto en el actual, en que empieza por ser discutible para las propiedades enclavadas en el término de Sevilla, si deben ser consideradas como terrenos de labor ó como zona edificable.

Nos llevaría muy lejos, y habría para todos los gustos, si dilucidáramos aquí este punto, de una importancia más aparente que real; pero el buen sentido y el cumplimiento honrado y extricto del deber, evitan semejante discusión, y ordenan tomar la cuestión en el estado en que se encuentra, representado por el hecho evidente y cierto de que se trata de expropiar prédios de primer orden, de excepcionales condiciones y de un valor extraordinario y poco acostumbrado, considerados como fincas agrícolas, que pueden ser urbanizados en un período de tiempo relativamente breve; circunstancia que, unida á la proximidad á Sevilla, les añade un valor que nadie por sí sólo es capaz de estimar, presentándolo en pesetas.

Y se dijo antes que la importancia de esto es más aparente que real, fundándose en el hecho de que el valor de estos terrenos, como el de todas las cosas, se fija por la oferta y el pedido, ó sea por las ventas realizadas en un período de tiempo prudencial, anterior al momento en que se necesita formarse idea exacta del precio; porque, claro es que las cualidades todas de los terrenos, y en general de la cosa vendida, quedan apreciadas, y por demás tenidas

en cuenta, en las cotizaciones del mercado, aceptadas por varios compradores.

Por otra parte, no considerándolos como prédios rústicos, otorgándoles la categoría de terrenos edificables de poco valor, desaparece de hecho el concepto de expropiación representado por el abono de los daños y perjuícios debidos á la división de las fincas, realizada de un modo tan radical como lo verifica la apertura de la Corta de Tablada.

Esta clase de perjuícios, que tanto se prestan á ser exagerados por los interesados que los sufren, tendría de su parte, en el caso actual, el mayor número de razones posible para ser llevada su estimación tan lejos como conviniera á los propietarios.

Por todas estas razones de orden genérico, y por las que van á seguir de carácter particular, se han considerado como edificables los terrenos que se expropian en el término de Sevilla para la ejecución de la Corta; es decir, como terrenos que pueden ser edificados en un plazo de tiempo relativamente pequeño, no como terrenos urbanizados, ni como solares; hay que distinguir bien la gradación que envuelven los tres conceptos.

DATOS QUE SE HAN TENIDO Á LA VISTA PA- DEDUCIR LOS PRECIOS UNITARIOS PROBABLES DE LA EXPROPIACIÓN.

Por lo demás, los precios supuestos en el importe de la expropiación indicada en el presupuesto, que no hay que confundir con los que puedan resultar del expediente de expropiación, que se obtendrán, prévia la controversia de la Administración y de los propietarios, que existe por la ley en esta clase de documentos, se han calculado teniendo á la vista los datos siguientes.

ESTADO DEL ENSANCHE OFICIAL DE SEVILLA.

En Sevilla no hay plan de ensanche oficial; hasta ahora todo lo que existe relacionado con este punto es un proyecto de urbanización presentado al Excelentísimo Ayuntamiento por los Sres. Lluria y Velázquez, para construir en los terrenos de los Sres. Camino, y en otros próximos al paseo de la Palmera, una barriada de lujo y de estación invernal.

Los citados señores no solicitan del Ayuntamiento, para realizar su proyecto, subvención de ninguna clase, y ha sido éste presentado á la Corporación para su examen y aprobación, solamente bajo los puntos de vista de higiene y demás servicios públicos cuya inspección corresponde á las Corporaciones municipales.

VENTAS DE TERRENOS DE LA ZONA QUE HAN DE OCUPAR LAS OBRAS REALIZADAS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS.

Como ventas hechas en los últimos años en esta zona de terrenos y en otras próximas á Sevilla, pueden citarse las siguientes:

La Sra. Viuda de Camino y los Sres. Basilio del Camino y Hermanos, vendieron, por escritura de 12 de Diciembre de 1887, á la Compañía de los ferrocarriles Andaluces, el terreno para la instalación del ramal de vía al Puerto, á 0,95 peseta el metro cuadrado; por escritura de 10 de Abril de 1893 vendieron á los Sres. Fourcade y Gurtubay, á razón de 1,00 peseta la misma unidad; á los Sres. Deutsch y C.ª, por escritura de 29 de Marzo de 1893, vendieron á razón de 0,84 peseta el metro.

Además, los Sres. Camino tienen contratado, en documento privado, la venta á los Sres. Lluria y Velázquez, de Madrid, el terreno comprendido entre la Corta y el paseo, á 1,00 peseta el metro cuadrado, para el ensanche que proyectan estos señores.

No se tienen noticias exactas de la venta que hizo el Sr. Quijano á los Andaluces para la instalación de su ramal; parece que fué á razón de 2,00 pesetas el metro cuadrado.

VENTAS DE TERRENOS EN LOS ALREDEDORES DE SEVILLA.

Como datos del precio á que se venden, desde hace tiempo, los terrenos próximos á Sevilla, deben tenerse en cuenta los cedidos en el Empalme por don Pablo Benjumea, de su Cortijo de Tercia, á 2,00 pesetas metro cuadrado, y los vendidos recientemente en la Cruz del Campo, para instalar una fábrica de cerveza, á 5,00 pesetas el metro cuadrado.

En la zona donde se va á hacer la expropiación, el Sr. Parladé (véase el plano, hoja núm. 6) tiene contratadas con los Sres. Lluria y Velázquez, ventas á 1,00 peseta las tierras calmas, y á 7,00 pesetas las de regadío, con naranjal; los

Sres. Díaz y Motilla tienen compromiso de venta á 6,00 pesetas, y la Marquesa de Esquibel, á 5,00 pesetas metro cuadrado, con los dichos Sres. Lluria y Velázquez.

PRECIO ASIGNADO Á LOS DIFERENTES PREDIOS DEL TÉRMINO DE SEVILLA.

En vista de todos estos datos, en el deseo de no hacerse ilusiones sobre el resultado del expediente de expropiación, y tratando de colocarse dentro de la realidad, se ha estimado que la huerta de naranjal del Sr. Quijano podrá pagarse á 1,75 pesetas el metro cuadrado, y los terrenos de los Sres. Camino, Fourcade y Gurtubay y de los Andaluces, podrán expropiarse á razón de 0,75 peseta la misma unidad.

En cuanto á los edificios de los Sres. Quijano y Camino, examinada su construcción y medida su superficie, se ha hecho evaluación de su importe en el tanto alzado de 280.000,00 pesetas, quedando los edificios que subsistan, y los materiales de los que desaparezcan, de propiedad de la Junta.

No se ha hecho cálculo alguno por creerlo improcedente, según antes se ha manifestado, una vez abonados los precios de terrenos y edificios antes mencionados, para pagar ninguna clase de daños y perjuícios.

PRECIO ASIGNADO Á LOS PREDIOS DEL TÉRMINO DE DOS-HERMANAS.

En el término de Dos-Hermanas el único propietario á expropiar es el Hospital de Utrera, que posee el Cortijo de Cuarto, al que se le atraviesan tierras de labor de primera clase, evaluadas en nuestro cálculo, con grandes probabilidades de acierto, á razón de 1.250 pesetas hectárea.

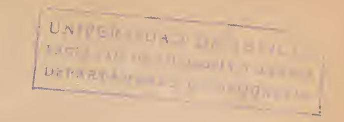
El Sr. Miura adquirió, hace pocos años, tierra en esta zona, á un precio algo inferior, y en el año 1900, el mismo compró al Sr. Conde de Villapineda y á los Sres. Camino, en precio análogo, una cantidad regular de terreno.

A pesar de que las tierras del Cortijo de Cuarto que se atraviesan con la Corta quedan totalmente divididas, no se aprecian los daños y perjuícios debidos á esta causa, pues las de la orilla derecha, que quedan completamente aisladas, pueden ser vendidas en buen precio á los propietarios colindantes, sea por el Hospital de Utrera, sea por la Junta de Obras, que en este último caso debe comprenderlas en la superficie á expropiar al referido Hospital.

OBJETO Y UTILIDAD DEL CÁLCULO DEL IMPORTE DE LA EXPROPIACIÓN.

Bien comprende el autor del proyecto cuán aleatorio es el cálculo del valor de las expropiaciones necesarias para ejecutar la Corta; pero, prescindiendo de que por el momento no es fácil estimarlas con más exactitud, debe declarar que su objeto principal ha sido llevar, como está mandado, al presupuesto de las obras, y para conocimiento de la Administración y de la Junta, una cifra que dé idea del valor máximo de la expropiación total, cualesquiera que sean los elementos y consideraciones que se puedan tener en cuenta en el expediente para deducir su verdadero precio.

Significa esto que la expropiación puede alcanzar, una vez terminado el expediente, un valor máximo como de 1.329.783,81 pesetas; y que esta cifra puede, sin inconveniente, tenerse en cuenta en el plan económico de recursos para las obras, hasta que se conozca por los procedimientos legales y acostumbrados el verdadero valor de los terrenos que se ocupan con las obras de la Corta, del Muelle y de la Zona de Servicio de Tablada.



Capítulo Duodécimo

Muelle en la Corta de Tablada y zona de servicio.

§ 1

Consideraciones generales

En el capítulo cuarto quedó cumplidamente demostrado que la mejora del actual puerto de Sevilla, por tantas razones muy deficiente para satisfacer las necesidades del tráfico que hoy existe, y del que ha de presentarse, sin duda, en un porvenir no lejano, exigía su inmediata ampliación, llevando las nuevas instalaciones de carga y descarga, el fondeadero, y en general, los elementos constitutivos del verdadero puerto, á la Corta de Tablada.

Necesidad de estudiar en este proyecto el muelle de Tablada y su zona de servicio.

Con objeto de completar las soluciones de este proyecto de carácter general, como, sin duda alguna, conviene hacer, por la íntima relación que existe entre todas las obras que lo componen, en el orden técnico, en el orden económico y ante los resultados de conjunto que ha de producir, se ha ordenado al Ingeniero al servicio de la Dirección Facultativa de las Obras del Puerto de Sevilla, D. Juan Manuel de Zafra, la redacción del proyecto de muelle, emplazado en la Corta de Tablada, por constituir con su zona de servicio el elemento más caracterizado del nuevo puerto, y el más importante de los que lo han de formar desde los puntos de vista técnico y económico, y el más influyente en el tráfico y en la ejecución de las obras de apertura de la misma Corta.

El estudio llevado á cabo por el Ingeniero Sr. Zafra ha sido tan completo y detallado como si hubiera de construirse inmediatamente, habiendo redactado un verdadero proyecto de construcción.

Razones en que se funda la redacción de un proyecto en vez de un anteproyecto.

Ni á este Ingeniero, ni al Director facultativo, autor del presente proyecto, ha podido ocultarse que á la construcción del muelle debe ser necesariamente previa, por lo menos, la apertura de una gran parte de la longitud de la Corta, cuyas obras han de tardar en ser realizadas un lapso de tiempo, desde luego suficiente para convertir en proyecto definitivo de construcción un anteproyecto de muelle.

Mas en materia tan difícil y delicada como es la construcción de los muelles modernos, los anteproyectos no producen los resultados de los que se redactan para obras de distinto género y condición.

El estudio de los elementos fundamentales hay que llevarlo, al tratarse de

problemas tan difíciles, hasta el último detalle; pues, de no proceder así, se deja en realidad la cuestión tan llena de obscuridades y dudas, como si tal anteproyecto no se hubiera redactado. Tan grande es la influencia que los detalles tienen en esta clase de obras, determinando su estabilidad, su importe y los resultados de toda clase que deben producir.

Allí, pues, donde exista la duda; allí donde no aparezca clara la solución, deben redactarse verdaderos proyectos comparativos; los anteproyectos nada aclaran y nada resuelven.

El proyecto es, pues, de carácter definitivo á estos efectos y bajo estos puntos de vista; sólo en lo concerniente al presupuesto, y en lo relativo al modo y forma del procedimiento para llevar á cabo su construcción, podrá probablemente exigir alguna revisión, antes de dar principio á la ejecución de sus obras, en el momento que sea oportuno, según circunstancias económicas, del estado de progreso en que se encuentren y de la marcha que sigan las obras de apertura de la Corta.

El proyecto del muelle emplazado en la Corta de Tablada forma, pues, parte integrante y esencial de este general de las obras de mejora de la navegación de la ría del Guadalquivir, y de él nos vamos á ocupar inmediatamente, analizándolo como si se emitiera informe reglamentario.

§ II

Consideraciones de carácter técnico

Documemtos del proyecto. División de la Memoria.

Forman el proyecto los documentos acostumbrados: Memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto.

Se divide la Memoria en cuatro capítulos, dedicados á tratar especialmente de las *Consideraciones generales,* en las que se establecen los datos esenciales y característicos del problema; *Resistencia de los hormigones armados,* material de que se ha de construir el Muelle; *Descripción y cálculo de las obras,* y *Condiciones económicas y de ejecución.*

Longitud del Muelle.

En el primer capítulo, fundándose en consideraciones relacionadas con el tráfico, que se apuntan ligeramente y que pueden y deben ampliarse con lo expuesto por nosotros en la primera parte de esta Memoria, se demuestra la conveniencia y necesidad de instalar de primera intención 400,00 metros lineales de frente útil de atraque.

Calado, fundaciones y perfil de estabilidad de la margen.

Del mismo modo se establece el calado mínimo necesario al pie del Muelle, que se fija acertadamente, en 7,50 metros; la altura de su coronación, que se estima en 16,50 metros desde el fondo mínimo del Puerto; y, presentando datos de los sondeos practicados, se estudia la composición del terreno, llegando á deducir, fundadamente, conclusiones sobre el carácter general de las fundaciones, y sobre el talud de estabilidad de las tierras de la margen que se desee fijar por el Ingeniero en la hipótesis de que sea revestido de piedra.

Principio fundamental en que se basa la extructura elegida para el Muelle.

Ante la consideración de la altura de la rasante del muelle (16,50 metros sobre el fondo mínimo), y en vista de los deficientes resultados que en todas partes han dado, aun con alturas sensiblemente menores que la anterior, los muros de atraque y de sostenimiento de las tierras, con paramento unido, de inclinación próxima á la vertical, desecha este tipo de extructura, siguiendo la corriente y marcha establecida desde hace años por todos los constructores que la han desechado, no ya para alturas tan excesivas como la de este muelle, sino hasta en los casos en que los muros debían alcanzar las corrientes de 8 á 10 metros.

Se opta, pues, en el proyecto que se examina, por aquellas extructuras que se fundan en el principio de dejar las tierras inmediatas á los muelles con su talud natural de estabilidad, ganando la anchura que siempre existe entre

la arista de este talud y el paramento vertical de atraque, construyendo las obras al efecto necesarias, con estabilidad independiente de las que han de presentar los terraplenes contiguos.

EXTRUCTURAS DISCONTÍNUAS SOSTENIDAS POR APOYOS AISLADOS.

Y claro es que, de esta suerte, se entra necesariamente en la construcción de obras discontínuas, sostenidas sobre apoyos también discontínuos, y, debiéndose desechar, en la generalidad de los casos, por dificultades de fundación y por su elevado costo, el sistema de bóveda en cañón y perpendiculares al muelle, se llega sin remedio al género de construcciones que se caracteriza por sostenerse sobre apoyos aislados.

Dentro de él se han elegido las extructuras, según condiciones de altura y de anchura de la zona que hay que cubrir, según dificultades de la fundación de los apoyos, y según el material más barato y abundante en la localidad.

EXTRUCTURAS METÁLICAS.

Hasta ahora, la ausencia de facilidades que generalmente se encuentran en todos los casos al localizarse las circunstancias anteriores, han conducido, en la generalidad de ellos, no sin aceptar algunos inconvenientes, á la adopción de entramados metálicos, formados por apoyos y vanos más ó menos importantes, que se han salvado siempre por medio de vigas rectas, sin duda porque nunca se ha dispuesto de la altura suficiente entre la bajamar ó el nivel ordinario de las aguas y la rasante del muelle para establecer arcos.

VENTAJAS É INCONVENIENTES DE LAS EXTRUCTURAS METÁLICAS.

La experiencia adquirida en esta clase de obras ha demostrado perfectamente el ningún fundamento de las objeciones que á ellas se hacían en los tiempos en que empezaron á instalarse.

Así, por ejemplo, resulta ya perfectamente comprobado que las extructuras metálicas resisten bien las estrepadas de los buques y la destrucción y las degradaciones, consecuencia del atraque y proximidad de éstos; también se ha visto claramente que no es indispensable, ni para los barcos ni para los muelles, que las superficies de atraque sean seguidas y contínuas; y, por último, habiendo impuesto la ley de la necesidad, al proyectarse estas extructuras, la disminución de los valores absolutos de las sobrecargas útiles y uniformemente repartidas, se han ído rebajando extraordinariamente los tipos antes admitidos para éstas, continuándose en la experiencia de todos los días la evidente demostración de que aquellas sobrecargas, uniformemente repartidas, tienen tan poca importancia en el moderno y práctico uso de las extructuras de los muelles, que se ve ya llegar el momento en que sólo se tengan en cuenta para calcular sus dimensiones las cargas aisladas y en movimiento que tienen clara tendencia á aumentar en los actuales y próximos modos de explotar los puertos y de hacer en ellos el servicio y movimiento de mercancías.

La experiencia ha enseñado, por otra parte, que las extructuras metálicas presentan tres inconvenientes, á saber: los relacionados con su duración, sobre los que todavía no se puede decir nada definitivo, por no ser enteramente aplicable á estos casos los resultados conocidos de bastante tiempo en las obras metálicas de carácter ordinario, cuyos elementos más perecederos (roblones, hornillos y forjado de los pisos) no están próximos á las aguas ni á las emanaciones salinas, como se encuentran en los puertos, en los que es más difícil también el completo y regular saneamiento en las extructuras de los pisos de sus muelles, por la extensión de éstos y por el uso especial á que se dedican.

El otro inconveniente se refiere á los gastos de conservación que se ha visto son importantes, y á pesar de que los principales muelles metálicos llevan poco tiempo de uso, habiéndose encontrado datos suficientes también para hacer sospechar que han de acrecer con el tiempo notablemente.

El tercero de los inconvenientes parece á primera vista poco importante; pero es muy posible suceda que se estime como el principal, cuando una experiencia suficiente pronuncie sobre él su última palabra.

El forjado de los pisos de gran extensión de los muelles metálicos es, á juício del Ingeniero que suscribe, un problema de difícil solución: desde luego

deben ser impermeables, no sólo al agua, sino á la humedad; deben ser ligeros, elásticos, de una superficie unida y resistente, de económica instalación, y de una conservación aceptable por fácil y barata; pues bien, un forjado de piso que reuna en grado suficiente estas condiciones, no existe todavía, no ya para los muelles metálicos, pero ni siquiera para los puentes que deben soportar el tráfico ordinario.

En nuestra opinión, los inconvenientes que hasta ahora ofrecen los forjados que se han adoptado para los muelles metálicos, son tan graves y tan difíciles de remediar, y afectan de tal modo á su uso y duración, que disminuirán mucho en lo sucesivo, y conforme vaya pasando el tiempo, el empleo de esta clase de extructuras.

EXTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.

Aunque la excesiva altura que hay que dar al muelle de Sevilla, por razón del nivel que en él alcanzan las avenidas extraordinarias, acarrea la ventaja de disminuir notablemente el importe de las extructuras metálicas, porque se pueden emplear arcos en lugar de vigas rectas para salvar los vanos entre los apoyos, el Sr. Zafra desecha su empleo, fundándose en iguales consideraciones que las que anteceden, que presenta de una manera sintética, y elige la construcción de la superextructura, empleando la más moderna de las unidades de obra, el hormigón armado.

VENTAJAS É INCONVENIENTES DE LAS EXTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO EN GENERAL Y EN EL CASO PARTICULAR DEL MUELLE DE TABLADA.

Sostiene con razón este Ingeniero que el hormigón armado tiene todas las ventajas de las construcciones metálicas, sin presentar ninguno de sus inconvenientes.

Como las primeras se estudian prolijamente en el capítulo II de su Memoria, no se deben enumerar aquí; basta hacer la afirmación de que se aceptan íntegras y en todas sus partes las que presenta aquel Ingeniero.

Se analizarán, pues, sólo los inconvenientes.

El primero y más principal consiste en lo reciente de todas las aplicaciones prácticas de este sistema de construcción, por más que ya no deba considerarse como ensayo su aplicación, y por más que todo lo relativo á los cálculos de estabilidad, y á la fabricación de la unidad de su obra, haya sido estudiado analítica y experimentalmente, con mayor intensidad quizá que otros sistemas de construcción corrientes y aceptados.

En las obras especiales sobre hormigones armados que se citan en el capítulo II de la Memoria, en las publicaciones periódicas y en las del último Congreso celebrado recientemente para tratar de este nuevo género de obras, se da cuenta de las construídas, que son muchas y muy importantes, y con su lectura y estudio se adquiere la profunda convicción de que, sin temor alguno, se puede adoptar este género de construcción en las aplicaciones generales de la práctica, siquiera sea usando de la natural prudencia para no extremar el partido que se puede sacar de las condiciones excepcionalmente ventajosas que caracterizan el hormigón armado.

El caso del muelle que estudiamos se debe colocar, á no dudarlo, entre las obras ordinarias de la práctica, en cuanto á la mayor parte de las circunstancias locales en que han de subsistir las partes de la obra.

Ciertamente que las hipótesis de su cálculo de estabilidad conducen á la demostración de que los principales elementos de la obra, especialmente los pilares de ribera, han de resistir esfuerzos que se pueden clasificar de extraordinarios, con relación á los que en general se han exigido hasta ahora, que sepamos, á la mayoría de las obras construídas con hormigón armado.

No es menos cierto también que aquellos mismos esfuerzos conducen al empleo de armaduras de dimensiones poco corrientes en la práctica; pero para atenuar el valor de estas consideraciones, que algún espíritu meticuloso pudiera exagerar, debe tenerse en cuenta que media grandísima distancia entre los esfuerzos que se han tenido en cuenta en los cálculos para deducir las dimensiones de todos los elementos de la extructura del muelle, y entre los que en su uso han de resultar prácticamente.

Esta diferencia, que acertadamente señala el Sr. Zafra, ha sido sostenida precisamente con el objeto de que sirva de garantía para alejar todo temor de mal resultado que pueda fundarse en la consideración de la magnitud de los esfuerzos accidentales, de los posibles defectos de construcción y fabricación y de cualquier error proveniente de la realización práctica de las hipótesis en que se basan los métodos de cálculo de estabilidad de las obras de hormigón armado.

La gran dimensión de las piezas de las armaduras, sencillamente compuestas y entendidas en cuanto á su disposición y á sus uniones, no puede ser motivo de ningún augurio sobre los resultados de la obra; pues ni las resistencias de las fábricas de hormigón armado, ni los principios esenciales teóricos y de experimentación, perfectamente expuestos por el Sr. Zafra, dependen en manera alguna ni del tamaño de las piezas ni de las dimensiones de sus armaduras; mucho más, cuando el exceso que alguien pudiera encontrar en los elementos de las armaduras que se emplean en el muelle es relativo; es decir, en comparación de las dimensiones que se usan más corrientemente en las obras de hormigón armado, no es absoluto, ni afecta á la fabricación de los hierros ni á su homogeneidad y elasticidad, ni dificulta el trabajo necesario para las uniones y ensambladuras.

Una parte del hormigón armado que ha de entrar en el muelle cuyo proyecto se examina, ha de estar constantemente sumergido en las aguas del Guadalquivir, y otra parte de él ha de estar sometida á las elevadas temperaturas propias del clima de Sevilla.

El primer punto merecería atención especial, y tal vez hasta pudiera adquirir importancia para juzgar del resultado de las obras, si durante algún tiempo las aguas del puerto de Sevilla no fueran dulces ó hubiere lugar á prever que alguna vez dejaran de serlo; pero, encontrándose en un caso completamente contrario, y no habiéndose establecido nada en ninguna parte, ni en ninguna ocasión, sobre alteraciones acaecidas con el tiempo á las obras construídas con cementos en aguas potables, como son y serán siempre las del puerto de Sevilla, no hay por qué dudar, ni debe haber el más pequeño temor sobre la inalterabilidad y consistencia de los hormigones de cemento.

Otro inconveniente, que es general á las obras de hormigón armado, es la escrupulosidad con que deben construirse. El material metálico de las armaduras debe recibirse con esmero y prévios ciertos ensayos; igual procedimiento debe seguirse, con más extremos, con los cementos, y la construcción requiere mucha escrupulosidad por parte de los que la ejecutan, y asídua y extraordinaria vigilancia de parte de los que la inspeccionan.

Los remedios de estos inconvenientes saltan á la vista, y se obtienen redactando bien los pliegos de condiciones, seleccionando los constructores, y estableciendo continua vigilancia en las obras, é imponiendo en los contratos de construcción, entre las obligaciones generales que contienen, las que en cada caso sean apropiadas para asegurar á todo trance una buena construcción.

Después de todo, este orden de inconvenientes, si tal nombre merecen, no se pueden evitar en las construcciones modernas; en la ingeniería moderna de las vías de comunicación, cada vez se afina más en la materia; en las grandes industrias se sigue por el mismo camino; y en las grandes construcciones navales, de guerra y de comercio, el prolijo análisis de los materiales, el exagerado esmero de la construcción, la asídua vigilancia de los trabajos y las precauciones en los contratos de construcción, destinadas á asegurar el éxito, constituyen una capital é indispensable necesidad y una condición ineludible de que no se puede prescindir.

PREVISIÓN DE LA DILATACIÓN DE LA EXTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO.

En el notabilísimo y concienzudo trabajo que ha llevado á cabo el Ingeniero Sr. Zafra, al estudiar de una manera tan completa la estabilidad del muelle construído de hormigón armado, y en el conocimiento tan acabado que revela de este género moderno de construcciones, no ha podido pasar desapercibida la necesidad de prever las consecuencias de las altas temperaturas de Sevilla,

deduciendo, de cuanto expone sobre la materia, la necesidad, ó mejor, la conveniencia de establecer cada 136,50 metros de longitud del muelle, pilares ó apoyos con juntas de dilatación, como única precaución que se debe tomar para evitar las consecuencias desfavorables para la obra, de los excesivos esfuerzos moleculares que en un punto pudieran acumularse, por razón de las variaciones de temperatura y de su gran longitud.

De cuanto antecede resulta que la elección hecha por el Sr. Zafra del género de fábrica que se debe emplear en la construcción del muelle es completamente acertada, porque el hormigón armado reune todas las ventajas de las construcciones metálicas, sin presentar los inconvenientes, antes estudiados, que caracterizan á aquéllas; y además, porque los que puedan ser propios del hormigón armado, en cuanto existan, dado el estado en que se encuentra el estudio y aplicación de esta fábrica, no son de temer en el puerto de Sevilla, ya por su modo de ser, ya por haberse previsto y anulado de un modo completamente satisfactorio en el proyecto que se examina.

Es más, en opinión del Ingeniero que informa, dentro de un tiempo que no será largo, se ampliará el hormigón armado para la construcción de muelles, cualquiera que sea su importancia; porque nada será más fácil que evitar el único inconveniente que presentaran fundado en la posible desagregación de los morteros cuando estén bañados por las aguas del mar; pues en estos casos se construirá metálico ó con revestimientos metálicos su infra-extructura, haciéndose de hormigón armado la super-estructura, conservando de esta suerte las ventajas primordiales de estabilidad, duración, ligereza, economía, elasticidad, facilidad para construir los pisos, pequeña conservación y otras, por demás importantes, que acarrearán el abandono definitivo de los muros de sostenimiento con paramento unido, que traen siempre consigo el grave inconveniente de reflejar la mar y los escarceos, produciendo la mar llamada *de teatro*, insoportable para los buques atracados á los muelles y fondeados en su proximidad.

Composición de la extructura adoptada, construída de hormigón almado.

Determinada la altura y anchura de los entramados del muelle, y elegida la fábrica de que se ha de construir, el Ingeniero Zafra, sacando el debido partido de todos estos elementos, compone la cuadrícula elemental del muelle por medio de arcos de forma parabólica, exigida por la buena repartición de las presiones y de los esfuerzos; estos arcos van en dirección de los lados y diagonales de cada cuadrícula, llamándolos con propiedad *formeros* y *aristeros* respectivamente; sobre las prolongaciones de los cuatro apoyos de los arcos formeros y aristeros, y sobre su clave común, se sostienen sobre tres puntos nueve piezas rectas que seguirán la dirección de los lados y de las medianas del cuadrado; á las que corresponden á los primeros llama *tirantes*, y á las que ocupan los lugares de las segundas *formaletes;* por último, dividiendo los cuatro cuadrados que resultan por medio de piezas rectas, que siguen la dirección de sus medianas, y apoyando directamente el centro en que se cortan, común á éstas, sobre los arcos aristeros, divide el cuadrado total en diez y seis cuadrados iguales de 3,00 metros de lado, que cubre con lozas planas de hormigón armado. A las piezas rectas que siguen la dirección de las medianas de los cuadrados pequeños, las llama *terceletes* por analogía con los nervios de este orden en las bóvedas de crucería.

Modo de resistencia de la extructura y cargas y sobrecargas.

Compuesta la cuadrícula, deduce, desde luego, la conveniencia de que se haga resistir á todas sus piezas, exceptuándose las lozas, como empotradas en sus puntos de apoyo, sin excepcionar á los pilares, que deben resistir, no por su propio peso, sino como piezas empotradas en su fundación, los esfuerzos laterales de las amarras de los buques, y los empujes que les transmiten los arcos al recibir éstos, á su vez, las presiones y reacciones debidas al peso de la extructura del piso del muelle, de las sobrecargas estáticas uniformemente repartidas y de las sobrecargas aisladas en movimiento.

Discutiendo con acierto y buen sentido el valor que debe darse á unas y otras, admite 3.750 kg./m.^{2} para las cargas uniformemente repartidas, y 40.000

kilogramos para las aisladas en movimiento, y aunque reconoce que en la práctica, las que verdaderamente actúen sobre el muelle, sobre todo las permanentes, han de ser mucho menores, sostiene las antes mencionadas como garantía y exceso de estabilidad de la obra.

Modo de resistencia de las fundaciones.

Considerando que las condiciones del terreno y la profundidad que necesariamente han de tener las fundaciones de los pilares, exigirán, sin duda, el empleo de aire comprimido para la fundación de aquéllos, cuenta desde luego con este sistema de cimentación y entra á calcular y definir las dimensiones de toda la parte de la obra, incluyendo los bolardos de amarra, que también construye de cemento armado.

Piso y vías.

Aleccionado, además, por los resultados de la experiencia, elige acertadamente para la formación del piso el excelente adoquinado corriente en la localidad, sentado sobre una capa de arena de altura suficiente para hacerlo elástico y para contener las traviesas ó largueros en que se han de apoyar las vías que proyecta con carril y contracarril, ó con carriles de resistencia y perfil adecuados para permitir sin inconveniente el paso de los vehículos ordinarios.

Cálculos de estabilidad.

En el capítulo segundo de la Memoria resume lo que hasta ahora se conoce sobre la resistencia de los hormigones armados, y en el capítulo tercero hace el cálculo de estabilidad y resistencia de todas las obras.

No es cosa de seguir en este informe paso á paso cuanto de carácter técnico se expone en estos capítulos; el Ingeniero que autoriza este informe considera que son aceptables las hipótesis en que basa los cálculos, admisibles las fórmulas en que los funda, correctos los desarrollos y exactos los resultados, y cree que las consideraciones técnicas que estos capítulos contienen revelan en el Ingeniero Zafra conocimientos poco comunes y un dominio completo sobre la materia.

De los cálculos de estabilidad, importantes siempre en todo género de obras, pero importantísimos, más que en ninguna otra, en las de hormigón armado, no solamente se deducen las cualidades y extructuras que deben tener las armaduras y las condiciones y dimensiones de los rellenos de hormigón, sino también la manera de componer las armaduras y de unir las de unas piezas con las de otras, que el Sr. Zafra estudia acertadamente, teniéndolas muy en cuenta al definir las obras en los planos y en los pliegos de condiciones.

De los cálculos de estabilidad resulta también, según antes se anunció, la necesidad de que los apoyos anulen los esfuerzos que le transmite la obra, resistiendo como piezas elásticas empotradas en la fundación; circunstancia que se tiene en cuenta en el proyecto, descendiendo la de los pilares de la fila exterior ó de ribera hasta penetrar dentro de la capa de arcilla dura pliocena, con cuya precaución, unida al empotramiento más ó menos perfecto que le proporciona el resto de altura del terreno que la rodea, considera con razón el Sr. Zafra ampliamente asegurado el empotramiento que se necesita para anular por flexión del pilar, y por la reacción que éste mismo proporciona, el momento del par que ocasionan los esfuerzos laterales, debidos á la parte de empujes de los arcos, que no anulan los tirantes, y los esfuerzos laterales que ocasionan las amarras de los barcos.

En los apoyos ó pilares de la fila interior no estima necesario, para obtener el empotramiento, descender á tanta profundidad como en los apoyos de la fila exterior.

La circunstancia de introducirse totalmente estos apoyos en el terreno, unida á que una buena parte de los esfuerzos laterales, que deben soportarse por la altura del pilar superior á los arranques, se anulan sobre las tierras que rodean á éste, hacen innecesario, á juicio del Sr. Zafra y en opinión del Ingeniero que suscribe, preocuparse de anular de otra manera aquellos empujes.

De un modo general puede, pues, decirse, en virtud de cuanto se lleva expuesto, que todo cuanto es preciso está previsto; desde el conjunto al detalle,.

desde lo más trascendental hasta lo menos importante, y, por tanto, se puede concluir manifestando que la estabilidad de la obra es completa y que sus condiciones y resultados nada han de dejar que desear.

Previsiones de orden general sobre la zona de servicio.

En el preyecto se hace una indicación de la zona de servicio del nuevo muelle, que es en principio aceptable; sobre todo en lo relacionado con las vías que han de unir las Estaciones de M. Z. A. y de los Andaluces con el nuevo muelle; lo relativo á la primera, especialmente, no puede tener una solución distinta de la consignada en el proyecto.

Igualmente es aceptable la disposición adoptada para reunir el nuevo muelle con el antiguo, lo mismo en lo relativo al paramento de atraque y á la zona que han de soportar las vías, que en lo concerniente al establecimiento de éstas y á su rasante.

Por lo demás, los detalles restantes de distribución de la zona de servicio, instalación de sus vías férreas y de carácter ordinario; el emplazamiento, número y dimensiones de los tinglados cubiertos; la construcción de embarcaderos de servicio intenso para minerales ó para otra clase de mercancías; las de docks y almacenes de depósito, con los elementos necesarios para su rápido y económico servicio; la forma, número, clase y motor de las grúas; las locomotoras, vagones y demás elementos que en general deben existir en toda zona de servicio, para hacer fácil y económica la manutención de las mercancías del tráfico marítimo de un puerto á la moderna, se proyectarán con más oportunidad y con más datos y mejor acierto cuando llegue el caso de su instalación.

Desde luego, lo que ahora interesa dejar establecido, es que se aspira á establecer, cuando sea conveniente, una zona de servicio que reuna, en el grado necesario, todas estas condiciones; para lo cual, como el Sr. Zafra consigna en su proyecto, se necesita disponer, cuando menos, de una anchura de 100,00 metros, sin que esté de más, ni sea inútil, aumentar esta superficie, sobre todo, si, por consideraciones de cierta índole, se presentan las facilidades necesarias para conseguirlo.

Planos del proyecto del Muelle de Tablada.

Los planos que se presentan en el proyecto son bastantes para la completa descripción gráfica de la obra, y también en ellos se presentan, con extremada claridad, los procedimientos, gráficos también, que ha empleado el autor del proyecto al estudiar la estabilidad y resistencia de la obra.

Pliego de condiciones facultativas.

Aunque, como ya se ha dicho, la obra que contiene el proyecto no se ha de ejecutar inmediatamente, ha sido indispensable redactar el pliego de condiciones, porque de sus prescripciones principales no se puede prescindir en las obras de hormigón armado, entre otras razones, por la grandísima influencia que tiene la caracterización de las principales unidades de la obra, y de los procedimientos de su ejecución, en su estabilidad y en los resultados de todas clases que deba producir.

El pliego de condiciones no tiene justificación especial; pero en el curso de la Memoria se expone cuanto pueda ser fundamental para demostrar la procedencia de todas las prescripciones que son importantes, porque con ellas se define la obra, sus unidades componentes y los elementos de que éstas se forman, que es lo que debe quedar de este documento, unido inseparablemente al proyecto de la obra, caracterizándola y completando su determinación.

§ III

Consideraciones económicas

Importe del presupuesto del Muelle de Tablada.

Estudiado el muelle, conocidas sus dimensiones, determinados sus elementos y elegidas y compuestas las diversas unidades de obra, se llega en el proyecto, previo un estudio detallado de los precios de cada una de éstas, al conoci-

miento del importe del presupuesto de esta obra, propiamente dicho, que, sin incluir ningún gasto para la zona de servicio, asciende á la cantidad de 1.083.323,59 pesetas el de ejecución material, y á 1.245.822,12 pesetas el de contrata.

Comparación del importe del Muelle de Tablada con los de otros muelles análogos.

Con dato tan importante estudia el autor del proyecto, desde el punto de vista económico, las ventajas de la obra proyectada.

Trata este punto en el capítulo cuarto de la Memoria, comparando el muelle del proyecto con otros varios construídos en la localidad, en España y en el extranjero, considerando, principalmente, en los tres grupos, los más baratos y los de entramado metálico.

Toma por unidades de comparación los importes por metro lineal, por metro cuadrado y por metro cúbico, del volumen total del paralepípedo ideal circunscrito á la obra y su cimiento, y presenta un estado resumen de todas estas comparaciones.

En él resulta más económico que ninguno el muelle del proyecto, siguiendo después los muelles metálicos en espigón saliente de Huelva, de Pauillac y de Río Tinto, si bien hace, con razón, notar que, no siendo estos tres últimos muelles de ribera, carecen de las obras necesarias para el arreglo y defensa del terraplén, que son inevitables en todo muelle de esta clase, como el que contiene el proyecto; lo cual favorece notoriamente los importes de los elementos comparados en el estado.

Consideración, sin duda, tal como se expone por el Sr. Zafra, de importancia visible, pero que se agranda sobremanera si se completa con la influencia de la ausencia de terraplén en estos muelles, trayendo á la cuestión las consecuencias que éstos producirían en sus fundaciones y en su extructura la continuidad de un terraplén de altura importante.

Los muelles citados tampoco pueden, en general, resistir las sobrecargas consideradas en el muelle del proyecto, circunstancias ambas que influyen notablemente en las fundaciones y en la composición de las extructuras, aumentando enormemente el importe de estas obras.

La verdadera comparación económica entre las extructuras metálicas de los muelles mencionados y la empleada de hormigón armado para el muelle del proyecto, exigiría la redacción de proyectos comparativos, mediante los que se aplicaran á las circunstancias locales del muelle de Tablada aquellos tipos de extructura.

Entonces se apreciarían las grandes ventajas de la adoptada para el muelle de este proyecto.

Este grandísimo trabajo, después de todo, daría resultados inútiles y de pura curiosidad; pues para desechar las extructuras metálicas y aceptar las de hormigón armado, se han expuesto en el proyecto y en este informe más que suficientes razones.

Juicio que merece al autor de este proyecto el del Muelle de Tablada redactado por el Sr. Zafra.

En virtud de cuanto antecede, el proyecto de las obras de mejora de los atraques en el puerto de Sevilla, realizada por la construcción de un muelle de hormigón armado, emplazado en la Corta de Tablada, redactado por el Ingeniero D. Juan Manuel de Zafra, debe calificarse de importante y notabilísimo, por representar, no sólo en España, sino en el extranjero, un verdadero progreso en la construcción de esta clase de obras; satisface además perfectamente, y en la situación actual, las necesidades del conjunto de obras de mejora de la ría y puerto de Sevilla; merece con justo título la aprobación de la Superioridad, y su autor debe ser recomendado á la atención especial de ésta, por si estima que tan brillante trabajo lo hace acreedor á singular recompensa.

§ IV

Justificación del importe de la zona de servicio del muelle de Tablada incluído en el Presupuesto

Estudio del anteproyecto de la zona de servicio.

Las indicaciones que proporcionan los planos del proyecto del Sr. Zafra, lo expuesto en su Memoria y lo consignado en los capítulos primeros de ésta sobre la zona de servicio del muelle de Tablada, pueden, en su conjunto, considerarse como un anteproyecto de zona de servicio para el citado muelle; mas para que produzca todos los efectos de un documento de este género, debe ser completado con la valoración de las obras que comprende, hechas con suficiente aproximación.

Utilidad del anteproyecto.

De esta manera se tendrá conocimiento de los gastos que ha de ocasionar la instalación de la zona en los primeros tiempos de servicio del muelle, sin perjuício de las ampliaciones complementarias que deban sufrir en lo sucesivo los medios de manutención del tráfico de tránsito y depósito de mercancías, según vaya exigiendo su progreso y según lo vayan permitiendo las circunstancias en cada período de tiempo.

Valor y presupuesto parcial de las obras de la zona de servicio.

Á la vez que se termine la construcción del muelle, ó poco después, debe concluirse también la instalación de los elementos y obras de la zona de servicio, que se valoran en el presupuesto parcial correspondiente del grupo de obras de mejora del puerto, contenido en este proyecto, que debe ser tenido á la vista por el lector.

Vías.

La doble vía de enlace del muelle con la estación de M. Z. A., los haces de vía del muelle propiamente dicho, de los tinglados de depósito, y la de empalme con la estación de los ferrocarriles Andaluces, no pueden dejar de construirse.

Cubierta para el Tamarguillo, adoquinado, alumbrado, grúas y tinglados. Atraque de virada.

Del mismo modo será indispensable cubrir el arroyo Tamarguillo, adoquinar la zona de tránsito de carros y de depósito de mercancías entre los tinglados y entre las vías, construir tinglados-almacenes, instalar grúas y establecer el alumbrado eléctrico.

Además, en vista de las dimensiones de los barcos que han de frecuentar el Puerto de Sevilla, y teniendo presente las dimensiones con que se ha de abrir la Corta de Tablada en su estado inicial, será indispensable disponer los medios convenientes para que los barcos rindan cómoda y seguramente la virada.

La lectura detenida del presupuesto parcial, y lo expuesto en los lugares antes indicados, justifican con evidencia las disposiciones adoptadas para crear estos diferentes elementos de la zona de servicio; sus respectivos importes quedan también justificados estudiando el anejo número 7, que se ha redactado con este objeto.

Sólo el atraque de virada, del cual no nos hemos ocupado aún en ninguna parte, será tratado especialmente en este lugar.

La forma más apropiada de virar los barcos en el puerto de Sevilla es por demás conocida, y consiste en dar sobre coderas de popa ó de proa á puntos firmes, girando á son de corriente y en los momentos en que ésta tenga relativa poca velocidad.

Habrá, pues, que disponer en el puerto un atraque de longitud suficiente, provisto de abundantes y sólidos puntos de amarra, delante del cual ha de haber á la bajamar, en una anchura de 120 metros por lo menos, fondos de siete metros y medio, equivalentes á unos veinticinco piés.

El emplazamiento más conveniente para este atraque es evidentemente el representado en el plano, hoja número 6, ya por el régimen favorable á la conservación de los fondos que han de existir en esta región cuando se abra la

Corta, ya porque este lugar no puede ser utilizado para un atraque de transbordo de mercancías por faltar completamente el terreno necesario para establecer la zona de servicio correspondiente.

La extructura más sencilla y económica del atraque de virada consiste en la construcción dė espigones de hormigón armado, de diez metros de ancho en la cabeza, espaciados sus ejes á treinta metros y unidas sus cabezas por tramos de pasarela, provistos de norays de amarra, que valen, según presupuesto detallado que se ha hecho de espigones, casi iguales, destinados á otros usos, la cantidad que se consigna en el presupuesto parcial de la zona de servicio, que pudiéramos llamar de primer establecimiento.

Importe de la zona de servicio.

Su importe asciende á la suma de 704.450,00 pesetas, que es la que prudencialmente debe tenerse en cuenta cuando se hagan planes económicos de ejecución de las diferentes obras que comprende este proyecto.

Con lo expuesto en este capítulo, y con lo manifestado en el anterior, queda terminado, para las necesidades y objeto que ha de llenar este proyecto, lo que se refiere á la ejecución de las obras de mejora del puerto de Sevilla; después debe ser tratado lo que sea concerniente á la ejecución de las obras de mejora de la navegación de la ría del Guadalquivir, de que nos ocuparemos en el capítulo siguiente.



Capítulo Décimotercero

Ejecución de las obras de mejora de la ría.

§ 1

Caracteres especiales de la ejecución de estas obras

Indeterminación y desenvolvimiento de los elementos que influyen en estas obras

Como el cauce de estiaje del Guadalquivir, sobre el que constantemente se opera al ejecutar todas las obras, es sumamente variable en el conjunto y en el detalle de los elementos que influyen en su establecimiento; como la construcción de éstas no puede menos de ser compatible con las diarias necesidades de la navegación y con la ejecución de las obras que la existencia de la misma requiere; como los efectos que van produciendo todas no se pueden prever de antemano, ni se conoce la ocasión en que han de ser precisas, ni se sabe de modo cierto su intensidad; y, por último, como todos los resultados de las obras dependen de las avenidas, y en general del régimen de las aguas, durante la ejecución y después de ella, no es posible saber el momento en que se han de construir cada una, ni es fácil determinar el detalle de su forma y dimensiones, ni cuál sea el género á que deba pertenecer en todos los puntos del cauce, ni cuál sea el orden definitivo de prelación entre unas y otras.

Por consiguiente, es totalmente desconocido el tiempo que ha de durar la ejecución de las obras de este proyecto, la entidad é importancia exactas de muchas de las que lo componen, su valor verdadero y aun el de las respectivas unidades; pues ambos dependen de multitud de circunstancias variables, relacionadas con el estado del cauce y con el tiempo en que sean ejecutadas.

Necesidades de la navegación durante la ejecución de la mejora de márgenes y fondos.

Las necesidades de la navegación durante el tiempo de la construcción tampoco son siempre las mismas, ni, por tanto, son conocidas; pues natural es que vaya aprovechando, á medida que vayan apareciendo, los aumentos de fondo que paulatinamente se han de presentar en el cauce mejorado, gozando el tráfico y comercio marítimos de los beneficios consiguientes durante el tiempo, quizá muy largo, que ha de transcurrir hasta conseguir los fondos necesarios para navegar con 23 piés de calado; de suerte que la navegación actual pasará, á medida que se vayan ejecutando obras, por estados de sucesivo progreso, calando los barcos 19, 20, 21, 22 piés, y haciendo su salida en una ó dos singladuras.

Es, pues, de esperar que, para lograr lo antes que se pueda el aprovecha-

miento de estos aumentos de calado, haya que hacer, por ejemplo, algunos dragados con objeto de aumentar fondos y quitar aterramientos, que el régimen por sí sólo haría con el tiempo desaparecer. Pero como el período para obtener estos fondos por efecto del régimen pudiera ser largo, puesto que depende de que se presenten ó no avenidas de determinada importancia, y éstas tardan á veces hasta cuatro y cinco años, no sería lógico imponer á la navegación semejante espera para aumentar su calado efectivo, por no dragar en determinados lugares volúmenes de algunos miles de metros cúbicos.

RESULTADOS DE ESTE PROYECTO EN LAS OBRAS DE MEJORA DE LA RÍA.

Por consiguiente, en virtud de cuanto se acaba de exponer, este proyecto, después de aprobado, no proporcionará en la ejecución de sus obras la determinación que resulta en los demás proyectos; definirá solamente en concreto las márgenes y la forma del cauce y cajero que hay que conseguir; presentará en general el sistema de obras que deben ejecutarse para crear este cauce, y proporcionará doctrina que, en esencia, no deberá ser contrariada al ir estableciendo en un tiempo indefinido, y con la prelación y preferencia que en cada momento se necesita, las obras en él incluídas.

Claro es que, en el orden económico, no ha de producir otro resultado que el de dar á la Administración una idea general y aproximada del importe de todas las obras, sin poder determinar su exacto valor y sin indicar siquiera el tiempo que puede tardarse en establecerlas; lo mismo pueden ser cinco, que diez, que quince ó más años.

RESULTADOS DE LOS PROYECTOS APROBADOS EN LAS OBRAS DE MEJORA DE LA RÍA.

Cuanto se acaba de exponer sobre esta materia, y más aún que pudiera decirse, y que se deja para que sea deducido por el lector, no es nuevo; de esta forma se ha procedido con los proyectos aprobados para la mejora del Guadalquivir, desde el del Sr. Corroza, aprobado en 1859, cuyos procedimientos y obras, á penas iniciados en la práctica, fueron con fundamento totalmente abandonados, hasta el sistema y procedimiento del Sr. Pastor, que recibieron de hecho, en 8 de Junio de 1869, la sanción superior, viniendo de esta suerte á hacer los efectos de un proyecto para la mejora de la primera sección de la ría; y, además, todas las disposiciones dictadas y las prácticas seguidas hasta la fecha, no han producido otras determinaciones en la ejecución de las obras, ni otros efectos en el orden económico, distintos de los que, según se ha dicho entraña, el actual proyecto.

§ II

PROCEDIMIENTO GENERAL DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS BIEN DEFINIDAS EN SUS PROYECTOS.

Por todo lo expuesto, se comprende sin esfuerzo que el procedimiento general de ejecución de las obras de mejora de la ría comprendidas en este proyecto, será el mismo que el seguido hasta hoy para el establecimiento de las aprobadas por la Superioridad con el mismo objeto.

Por consiguiente, aquellas obras de condiciones no tan aleatorias é indefinidas, y distintas de las que caracterizan á las generales y ordinarias de márgenes y de encauzamiento, se construirán en la forma corriente que se sigue en las Obras públicas, redactando al efecto proyectos especiales de ejecución.

Entre las de este grupo se encuentra la apertura de la Corta de Tablada y las de construcción del nuevo muelle con su zona de servicio, de que nos hemos ocupado ya.

PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE MEJORA DE LAS MÁRGENES Y DEL FONDO.

Las demás obras de mejora de márgenes y de dragados se llevarán á cabo formando todos los años, al redactar los presupuestos de explotación y conservación del Puerto, el plan de las obras nuevas de esta clase que deban construirse en cada campaña, que ha de durar los meses de la buena estación, época la más apropósito para ejecutar obras en la ría.

A este plan acompañará la correspondiente valoración y presupuesto de las comprendidas en él, redactado en vista de los medios de ejecución de que se disponga, y de los precios que á la sazón sean corrientes, para los elementos de que dependa el importe de cada unidad.

Aprobado el plan anual de obras nuevas, será ejecutado, liquidándose inmediatamente que esté concluida su instalación.

Medios de ejecución de estas obras.

La organización de la Dirección facultativa, existente desde hace mucho tiempo, y sancionada por los buenos resultados que constantemente viene produciendo, responde perfectamente á este modo de proceder, único posible.

Se cuenta, desde luego, con importante material de ejecución, compuesto por martinetes de vapor, barcazas de transporte, remolcadores, grandes trenes de dragado; con una excavadora terrestre, dos locomotoras y sesenta vagonetas para el transporte de los productos excavados; y si, contra lo que es de esperar, las necesidades de las obras exigieran el aumento de alguno de estos medios de ejecución, se adquirirán cuando fuere necesario, previas las autorizaciones y procedimientos acostumbrados.

La contabilidad general é interior de los servicios es minuciosa, formal y completa, estando toda la organización de este centro perfectamente preparada para ejecutar las obras de mejora de las márgenes y de los fondos de la ría, del mismo modo satisfactorio y aprobado con que viene realizando desde hace muchos años las obras de mejora de la navegación de la primera sección, hasta ahora solamente considerada.

Ventajas del procedimiento de ejecución propuesto para las obras de márgenes y de los fondos.

De esta manera, y procediendo de esta suerte, se concilían las necesidades especiales de las obras, las seguridades del acierto en sus resultados, la economía en la ejecución, la adaptación de las conveniencias de las obras á los recursos de que en cada momento se disponga, realizándose también, en la medida necesaria, la eficaz y constante intervención de la Superioridad en su establecimiento y construcción.

Procedimiento de ejecución de las obras de conservación.

Del mismo modo, y por análogo procedimiento, se ejecutan las obras de conservación, cuyo concepto especial y cuyo peculiar modo de ser se describió en el capítulo segundo, que por cierto son difíciles de separar de las obras de nueva construcción, cuando se trata del grupo de las márgenes y dragado en el lecho, ya porque se componen de las mismas unidades de obra, ya porque su ejecución es simultánea, mezclándose, necesariamente, las de un género con las de otro, empleándose los mismos medios é iguales materiales; ya, por último, porque es muy difícil, en muchos casos, hacer distribución entres las obras de verdadera conservación y las nuevas cuando éstas se ejecutan de una manera paulatina y progresiva.

Los procedimientos corrientes de ejecución de obras no son aplicables á las de mejora de las márgenes y del fondo.

Por todas estas razones el sistema ordinario de contrata ha sido y es imposible de aplicar en las obras de mejora de márgenes y de fondos de la ría del Guadalquivir, pues en ellas son desconocidos multitud de elementos que influyen en su ejecución, disponiendo el momento en que se han de construir, determinando el período que han de durar, decidiendo del instante en que conviene suspenderlas, ordenando en su disposición y dimensiones; y en una palabra, haciendo desaparecer aquellas concretas determinaciones que son indispensables en los contratos de construcción de obras; no hay que decir que el valor cierto de cada grupo de obras, y que los riesgos que verdaderamente corren las destruídas, por razón de las avenidas, son también completamente desconocidos, añadiendo de esta suerte una nueva consideración que aleja la posibilidad de ejecutar obras por el sistema corriente y ordinario en las obras públicas.

§ III

Presupuesto de las obras de mejora de la ría

A pesar de las indeterminaciones de que no puede menos de adolecer toda previsión de carácter económico, por las razones que se acaban de exponer, se ha redactado, con el detalle y con la aproximación posible, el presupuesto de las obras comprendidas en el proyecto, justificadas en el capítulo octavo, que tienen por objeto establecer, en un período de tiempo más ó menos largo, pero relativamente próximo, que se puede fijar en siete ú ocho años, la navegación de 23 piés por la ría del Guadalquivir.

División del presupuesto de las obras de mejora de la ría.

Los gastos que se calcula han de representar estas obras se han dividido en siete grupos principales, á saber: Expropiaciones, Entramados, Plantaciones de recrecimiento de las márgenes, Desmonte de barrancas para su rectificación, Defensa de márgenes, Dragados y Rectificación de cauces de afluentes.

Además se han considerado separadamente estos grupos de obras en la primera y en la segunda sección.

Expropiaciones.

En las expropiaciones se han incluído los gastos que han de ocasionar todas las necesarias para llegar al establecimiento de las márgenes que se trazan en los planos, que ascienden á la suma de 96.062,00 pesetas.

Entramados.

Se ha considerado de necesidad incluir todos los gastos de entramados que es preciso hacer para crear las márgenes proyectadas, porque, constituyendo este género de obras el primer elemento de las nuevas márgenes, de él depende, en primer lugar, el tiempo en que se ha de conseguir su establecimiento definitivo.

Además, conviene aprovechar las avenidas que puedan presentarse, pues del número y condición de las que sobrevengan después de ejecutar los entramados depende la celeridad con que se obtengan los resultados que se encomiendan á los diques y espigones.

Para los entramados de la segunda sección existen todavía otras razones que aconsejan construirlos con la antelación posible.

Se ha dicho en el párrafo IX del capítulo octavo que los diques de esta sección debían desde el primer momento producir efectos en las aguas de las avenidas, y que, para lograr esto, el relleno de faginas se enrasaba por encima de la altura que en cada lugar tomaban las crecidas. Procediendo así, se perseguía el objeto de procurar la conservación de los dragados que había que hacer para mejorar la canal y al mismo tiempo se provocaba la acción del nuevo régimen producido por los diques para modificar los fondos por socavaciones naturales, evitándose quizás la ejecución de algunos dragados, y asegurando desde luego el aumento de profundidad en los lugares en que se hubieren ejecutado.

Ascienden las obras de entramado á la suma de 3.016.734'25 pesetas, como se puede ver en el respectivo presupuesto parcial.

Plantaciones de recrecimiento de márgenes.

El carácter que tienen las plantaciones de recrecimiento, de ser obras complementarias de los efectos que producen los entramados, asegurando y aumentando los depósitos obtenidos con los primeros, ha obligado á incluir también en el presupuesto todas las obras que se han de ejecutar en ocho ó diez años, incluyendo la partida de 851.057,00 pesetas á que asciende su ejecución.

Desmonte de barrancas.

Las obras de desmonte de las barrancas, que arroja en las dos secciones el trazado de márgenes adoptado, ascienden á 2.362.851,20 pesetas, y en esta cantidad se aumentaría el importe general de este presupuesto si todas debieran ejecutarse en el período de tiempo que en él se considera; pero como la mayor parte de ellas se motivan por la conveniencia que existe de rectificar los trozos de cauce á que pertenecen, y estas grandes y completas rectificaciones ni se

pueden hacer en cada tramo de una vez, por la variación que suponen en la margen opuesta á la barranca que se desmonte, que ha de ser paulatina, ni influyen de una manera principal en el régimen de los fondos navegables, no hay inconveniente alguno en retardar la ejecución de estas obras, considerándolas de carácter secundario, dejando su establecimiento para cuando se terminen otras más interesantes, que son las de todo género que se comprenden en este proyecto.

Fundándose en estas consideraciones, se han elegido, entre todos los desmontes de barrancas que resultan de los planos, los que son urgentes é indispensables, por estar relacionados con la Corta de Tablada ó con la mejora de algunas vueltas que influyen visiblemente en la navegación.

Los desmontes de barrancas que se encuentran en estos casos son, en la margen derecha, los de la Isla Hernando y de los Moriscos; y en la margen izquierda, los de la Punta de Tablada, Primera del Copero, Punta de la Compañía, Corta Fernandina, Choza del Marqués y aguas abajo de la Punta de la Mata. Su importe asciende á la suma de 566.812,45 pesetas, que arroja el presupuesto parcial corregido de desmonte de barrancas, que aparece en las páginas 66 y 72 del Presupuesto.

DEFENSA DE MÁRGENES, DRAGADOS Y RECTIFICACIÓN DE CAUCES AFLUENTES.

Todos los demás gastos por defensa de márgenes, dragados y rectificación de cauces de afluentes, se han incluído íntegros por los importes de sus respectivos presupuestos parciales en el presupuesto general, por razón de la evidente é indispensable influencia que ejercen en el régimen que se desea establecer en las aguas de la ría para mejorar su navegación.

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.

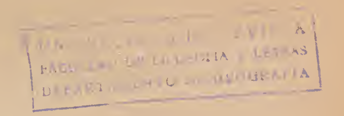
A las consideraciones anteriores debe añadirse, para acabar de estudiar la parte económica de la ejecución de este grupo de obras, que la justificación detallada de los precios unitarios que han producido los presupuestos parciales de cada clase de obras la encontrará el lector en los anejos números 9 y 10 de esta Memoria.

IMPORTE DEL PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE MEJORA DE LA RÍA.

El presupuesto general de ejecución material de las obras de mejora de la navegación de la ría del Guadalquivir asciende á 6.832.128,90 pesetas.

En virtud de cuanto se ha manifestado en este capítulo, cuanto enseña el presupuesto servirá sólo para conocimiento de la Administración, que deberá tenerlo en cuenta, para en lo sucesivo, en la marcha y desarrollo de las obras, corrigiéndolo á la contínua por los resultados que vayan dando las que se ejecuten; pero nunca podrá producir en el orden administrativo, ni en ningún otro, los efectos de los presupuestos que para otras obras se aprueban por la Superioridad. Consideración ésta que hemos de repetir todavía al final de la Memoria, al ocuparnos de las propuestas á la Superioridad que, en concreto y en realidad de verdad, contiene este proyecto.





Capítulo Décimocuarto

Ejecución de las obras de la desembocadura del Guadalquivir.

§ I.

Consideraciones técnicas

Características de los dragados.

Según se demostró en el Capítulo décimo, todas las obras que hay que llevar á cabo para mejorar, tanto cuanto por el momento se necesita, la navegación de la desembocadura de la ría del Guadalquivir, quedan reducidas á la ejecución de los dragados que se se señalan en el plano, hoja n.º 5.

Sus volúmenes respectivos, apreciados sobre las curvas de nivel, son:

	Metros cúbicos
Aumento de profundidad en los fondos comprendidos en la nueva canal, dentro de la curva de cinco metros á bajamar.	300.532,00
Mejora de la región de virada sobre el bajo de Carrión con aumento de profundidad hasta la cota de cinco metros.	26.000,00
Ensanchamiento de la canal por desmonte, de profundidad hasta cinco metros en el veril Norte, sobre el bajo Traga-anzuelos.	20.000,00
Volumen total.	346.532,00

Estas excavaciones se han de hacer en aguas desabrigadas, de cuya agitación se ha dado idea suficiente en el capítulo noveno, y se han de llevar hasta una profundidad de 5,00 metros á bajamar, que supone una de 8,00 metros, ó algo más, en plea viva.

Material de que se dispone para realizar dragados en la desembocadura.

Para ejecutarlos se cuenta con los medio siguientes:

Recientemente se ha adquirido por la Junta un importante tren de dragado, compuesto de una draga marina de rosario central, de 46 metros de eslora, 8 de manga y 4,00 de puntal, accionada por una máquina de triple expansión,

de 325 caballos, de una capacidad de trabajo de 300 metros cúbicos por hora, pudiendo excavar en profundidades hasta de diez metros; de dos gánguiles gemelos, elevadores y dragadores por succión, de 47,00 metros de eslora, 8,60 de manga y 4,00 de puntal, con máquina de triple expansión, de 325 caballos de fuerza; el trabajo que pueden hacer, dragando por aspiración hasta la profundidad de 10 metros y elevando los productos de su propia cántara por aspiración, es de 300 metros cúbicos por hora.

Cuando dragan en terrenos de arena, de espesor mayor de un metro, llenan por decantación su cántara, de 300 metros cúbicos, en menos de media hora.

Estos gánguiles, además, se descargan por sus compuertas de fondo; y su eslora, su manga y su cántara, están dispuestas para atracar á la draga de rosario, recibiendo sus productos.

Las velocidades de la draga y de los dos gánguiles, en carga, son, respectivamente, de 7 y 8 millas por hora.

Las tres unidades pueden navegar sin peligro con mares arboladas.

También se dispone en las obras de cinco gánguiles de 90 metros cúbicos de capacidad, iguales entre sí, de 25,50 metros de eslora, 6,10 de manga y 1,70 de puntal, vertiendo por el fondo de sus cántaras.

La forma y condiciones de los cascos de estos cinco gánguiles les permiten navegar á remolque por aguas desabrigadas, aguantando bastante mar.

Además existe al servicio general de las dragas y de las obras un remolcador, adquirido hace dos años, de 30,00 metros de eslora, 5,00 de manga y 2,50 de puntal, con máquina de doble expansión de 200 caballos, indicados y accionado por un propulsor elizoidal capaz de imprimir al barco una marcha de 10 millas por hora.

Todo el material que se acaba de mencionar, de tipo moderno y de reciente construcción, está en inmejorable estado de trabajo y conservación y se maneja con gran economía, produciendo buenos resultados, por tripulaciones expertas y prácticas en su uso.

Por consiguiente, los dragados á ejecutar en la desembocadura no pueden representar un problema de difícil solución en las obras del Puerto de Sevilla, desde el momento en que se cuenta con un material tan importante como base para ejecutarlos.

CARACTERES DEL TERRENO QUE HAY QUE DRAGAR.

Como el terreno en que hay que dragar se compone de arenas, arcillas y fangos, que se presentan en capas de más ó menos espesor, y que con frecuencia contiene en la superficie lajas de caliza coquerosa, de un espesor de veinticinco á cuarenta centímetros, y de una superficie recubierta de ostiones, que varía entre algunos decímetros y algo más de metro ó metro y medio cuadrado, habrá que emplear el material de dragado, después de ejecutar la limpia de los fondos en que se presenten lajas, realizándola por medio de buzos, sea extrayendo directamente las piedras, sea dividiéndolas por medio de explosivos, ó sea empleando á la vez los dos medios.

NECESIDAD DE ADQUIRIR UN APARATO APROPIADO PARA LIMPIAR DE LAJAS LA SUPERFICIE DEL FONDO.

Para realizar esta operación previa é indispensable, será necesario adquirir oportunamente una nueva unidad de material, cuyo valor no es ciertamente de importancia, que debe consistir en un barco provisto de una campana de bucear, que permita el reconocimiento del terreno, el embrague y extracción de las piedras, y todas las operaciones que requiera su limpia, hasta dejarlo en disposición de ser atacado por las dragas.

Claro es que, habiendo de existir en este barco un generador, destinado á proporcionar el aire comprimido para la campana, convendrá disponerlo de tal manera que pueda accionar un propulsor, producir luz eléctrica y mover los aparatos de elevación y carga de las piedras.

Convendrá también que el barco contenga alojamiento para la tripulación y para los buzos, y que reuna las condiciones marineras suficientes para aguantar la mar en los tiempos necesariamente largos que necesita emplear para

trasladarse desde el tajo al fondeadero, dada la distancia que ha de mediar entre éste y los lugares donde ha de trabajar.

Limpia de lajas la superficie del tajo de dragado, entrarán á trabajar las dragas, empleando la que convenga, según el terreno que haya que excavar. Si es arcilloso, se atacará con la draga de rosario, que podrá verter sobre los gánguiles de vapor ó sobre los otros más pequeños. Si es arenoso, se emplearán las dragas de succión, cuyo trabajo resulta más económico y expedito.

Vaciaderos.

Aunque la pequeña importancia del volumen que hay que excavar en totalidad para mejorar la desembocadura quita mucho del interés que en otros casos tiene la elección del punto en que deban hacerse los vaciaderos, conviene dejarlo elegido en este lugar.

Lo expuesto sobre el régimen de la desembocadura en el capítulo noveno da, en lo esencial, resuelta la cuestión; y puesto que las arenas que manejan las olas del S. y del S. O., y más principalmente las corrientes dominantes, se dirigen á lo largo de la costa Norte, hasta más allá de la Torre de San Jacinto, deberá verificarse el vaciado de los gánguiles empezando á abrir las cántaras á dos ó tres kilómetros al N. del «Picacho» y por fondos de 15 á 20 metros, en donde quedarán depositados los productos.

Por la costa Sur, y en vuelta de Chipiona, no conviene vaciar para no entregar materiales á las olas y las corrientes, que los pudieran llevar á las aguas de la Broa primero, y más tarde á las de la desembocadura.

Época de ejecución de los dragados y orden de preferencia.

Los dragados exteriores deben ejecutarse en la buena estación, durante los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, empleándose el material en los meses restantes del año en hacer los dragados del interior de la ría.

El orden de preferencia natural y evidente entre los dragados que se han considerado es este: Primero debe emprenderse el grupo que tiene por objeto aumentar los fondos disponibles en la nueva canal; su volumen, 300.000,00 metros cúbicos; después conviene realizar los dragados que tienen por misión mejorar la región de canal en que se rinde la virada; volumen, 26.000,00 metros cúbicos; y, por último, se deben ejecutar los destinados á ensanchar la canal, rectificando al mismo tiempo el veril del Norte; volumen, 20.000,00 metros cúbicos.

Para ejecutar todos estos dragados, llevándolos á la profundidad definitiva, lo mismo el más preferente que el que lo es menos, se ha de disponer siempre de un plazo relativamente largo; pues, real y positivamente, en la desembocadura no ha de ser indispensable contar con el total aumento de calado hasta que se hayan realizado en la ría del Guadalquir las mejoras conducentes al establecimiento de la navegación de 23 piés.

Duración de las obras y época en que deben comenzarse.

Suponiendo que el tren haga en cada día útil de trabajo nada más que la mitad de lo que en condiciones ordinarias y de tranquilidad de las aguas puede llevar á cabo, se realizará en la desembocadura una excavación de 1.500 metros cúbicos por día; y admitiendo la hipótesis de que en los cuatro meses de verano puedan aprovecharse ochenta días en cada campaña, se efectuará un dragado de 120.000 metros cúbicos. Es decir, que en tres campañas se podrán realizar, con holgura, los dragados necesarios para hacer posible la navegación con calados efectivos de 23 piés ingleses.

Según, pues, vayan progresando las mejoras de fondos obtenidas en la ría, que dependen, como se ha visto en lugar oportuno, no solamente de las obras de márgenes que hay que ejecutar, sino de que sobrevengan avenidas, y de los resultados que éstas produzcan, se irá acercando más ó menos el momento de empezar y proseguir los dragados de la desembocadura.

Los dragados de la desembocadura tienen los caracteres de los dragados ordi-

Es decir, que estos dragados exteriores vienen de esta suerte á formar parte del dragado general de la vía marítima del Guadalquivir, y, por consiguiente, quedará á cargo del Director facultativo de las obras, en todos los momentos y en todas las épocas, emplear el material de dragar en éste ó en otro

NARIOS DE LA COSERVACIÓN DE LA CANAL.

lugar, dentro de la ría ó en los fondos de la desembocadura, según demanden las conveniencias de la navegación.

En resumen, puede decirse que las obras de mejora de la desembocadura tienen el carácter, más que de obras nuevas, de obras de conservación y de limpia de la canal. Muchos puertos existen que necesitan dragar permanentemente, y todos los años, para conservar sus canales y fondeaderos, volúmenes análogos al de 300.000 metros cúbicos que se necesita llevar á cabo una sola vez en todas las obras nuevas de mejora de la canal que se proponen en este proyecto; Dunkerque, Ostende, la desembocadura del Clyde, del Tyne y Huelva, se encuentran en este caso, aunque al último quizá le falte bastante para alcanzar la cifra antes citada.

§ II

Consideraciones económicas

PRECIO DEL METRO CÚBICO DE DRAGADO Y PRESUPUESTO DE LAS OBRAS.

Para terminar hay que decir dos palabras sobre el importe de las obras de mejora de la desembocadura del Guadalquivir, y, conocido el volumen, habrá que averiguar cuál es el precio de la unidad.

Nada es hoy más aventurado que calcular el precio unitario á que pueden salir estos dragados; falta la práctica de su ejecución, está muy distante la época en que se han de hacer y depende su coste de elementos tan aleatorios como el precio de las primeras materias y como la agitación del mar en aquel entonces.

Sin embargo, contando con la perfección y buenas condiciones del material que se va á emplear; por estimación prudencial hecha, teniendo á la vista, por una parte, los elementos de coste y manutención del personal y material de las dragas en la actualidad; y, por otra, los precios á que han salido en otros puertos, se puede fijar, como probable, un precio de 0,40 á 0,50 peseta para el metro cúbico de dragado hecho, después de haber limpiado el tajo de las lajas que impiden ó dificultan gravemente el trabajo de las dragas.

Este otro elemento de coste de las obras no se puede en absoluto evaluar, por no ser conocido ni la clase, cantidad y tamaño de las piedras á extraer, ni las dificultades que presentará la operación; sólo se sabe, por los sondeos y ensayos verificados, que no son numerosas las lajas grandes, y que su extracción y arranque no ha de presentar probablemente grandes dificultades.

Haciendo intuitivamente una apreciación del valor de estos trabajos, cree el autor del proyecto que, en vista de la pequeña altura y de la gran extensión de los desmontes que hay que ejecutar con las dragas, de las detenciones y desperfectos que puedan ocurrir por las piedras en los aparatos dragadores, y del coste efectivo de limpia previa de la superficie del terreno, el precio resultante en definitiva para el metro cúbico de excavación, en los dragados exteriores, debe estimarse ahora, á los fines del proyecto, en unos 75 céntimos de peseta; cantidad que elevará el coste de las obras á ejecutar á 259.899,00 pesetas.

A esta suma habrá que agregar el valor del aparato de limpia de las piedras que hay en la superficie de los fondos, descrito antes á grandes rasgos, que debe estimarse en unas 200.000 pesetas, aunque en realidad no sea lícito, ni justificado, cargar á los dragados exteriores de mejora de la canal el importe total de un aparato, que ha de encontrar después numerosas aplicaciones en las obras interiores de la ría, empleándolo en el reconocimiento de fondos, en la reparación y construcción de fundaciones de los muelles, en la extracción de pilotes, en el salvamento de buques sumergidos y en otros usos.

Podrá también suceder que, por necesidades de las obras de dragado en la ría y en la desembocadura, sea preciso aumentar el número de gánguiles, adqui-

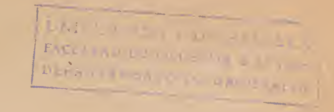
riendo tres ó cuatro más de tipo ordinario y corriente, con el fin de aprovechar los gánguiles elevadores de vapor trabajando como dragas de succión.

POCA IMPORTANCIA RELATIVA DE LAS OBRAS DE LA DESEMBOCADURA.

En resumen: la ejecución de las obras de mejora de la desembocadura no merece, en realidad, consideración grande y especial en este proyecto; pues entran por toda clase de razones dentro del grupo de los dragados que hay que ejecutar en la mejora general de la vía marítima del Guadalquivir.

La circunstancia de que haya que adquirir algún aparato especial ó algunas unidades complementarias del tren de dragado de que ahora se dispone, no es suficiente para que en este proyecto se propongan concretamente soluciones dirigidas á este fin, dado lo remoto de la época en que aquéllas puedan ser necesarias, y teniendo además en consideración el carácter de este documento y los fines de orden general que se persiguen con su redacción.





Capítulo Décimoquinto

Sistema y orden de ejecución de las obras.

§ I

Sistema de ejecución de las obras

Necesidad de hacer en este proyecto el estudio del sistema de ejecución de cada una de las obras.

Las diversas obras estudiadas en este proyecto, de carácter general, se han dividido en tres grupos principales, á saber: Obras de mejora del Puerto de Sevilla, de la navegación de la ría del Guadalquivir y de la navegación de su desembocadura.

En las obras parciales, componentes de cada uno de los grupos, existen diferencias notables; pero entre estas diferencias, una de las más principales, que desde luego es preciso considerar en este proyecto, es la relativa á su sistema de ejecución.

Habrá, pues, necesidad de estudiarlo, y siguiendo el orden de exposición que ha prevalecido en toda la Memoria, nos ocuparemos primero del grupo de obras de mejora del puerto de Sevilla, que comprende la apertura de la Corta de Tablada, la construcción del Puente giratorio, del Muelle de atraque y la instalación de la Zona de servicio.

Obras de apertura de la Corta de Tablada.

Las de apertura de la Corta de Tablada deben ejecutarse por el sisma de administración.

Razones varias pueden aducirse para demostrar la conveniencia de este procedimiento.

Casos en que es más ventajoso el sistema de contrata.

El sistema de contrata tiene ventajas en los casos ordinarios de la práctica; en ellos concurren muchas personas que se dedican á la industria de la construcción: en el país se encuentran todos los elementos al efecto necesarios; los relativos á personal, á material y á los medios auxiliares de construcción, y en estas circunstancias, á las subastas y á los concursos acude número bastante de licitadores para que la administración obtenga los buenos resultados que no puede menos de producir la competencia.

Además, en todas las obras públicas que ejecuta el Estado, los contratistas no tienen, por su parte, necesidad de preocuparse de la puntualidad y exactitud de los distintos plazos de abono de las obras que se ejecuten, ni tampoce el Estado necesita tomar disposiciones especiales para efectuar los pagos. El crédito, hasta cierto punto ilimitado, de que goza esta entidad, origina el primer fenó-

meno, y el orden regular y la encadenada sucesión de la marcha económica y de los sucesivos presupuestos, son causa del segundo.

Circunstancias especiales de las obras de la Corta. Dificultad de provocar verdadera competencia.

Pero en el caso de la apertura de la Corta de Tablada, obra que puede considerarse singular y no acostumbrada, varían las circunstancias esenciales que caracterizan de ordinario á las obras públicas.

Desde luego, por la importancia de su presupuesto, por no existir en el país los medios adecuados para ejecutar las obras, por la cantidad de dinero que se necesita desembolsar antes de emprender la construcción, cualquiera que sea la forma de abono que se adopte, ha de ser extraordinariamente difícil, no ya que resulte verdadera competencia en la subasta, sino que se presente en ella ningún contratista español, ni ninguno que cuente con capitales españoles.

Por desgracia, en nuestro país casi no existe todavía aquel tipo de contratista que acomete la empresa de construir obras importantes con capitales de consideración, los que en buena parte hay que arriesgar al adquirir los costosos medios industriales que necesita la ejecución de esta clase de obras.

Sólo la certeza absoluta de obtener ganancias muy exageradas pudiera hacer pensar á alguno en intentar el negocio, anulándose de esta manera una de las ventajas principales del sistema de contrata, que es la baratura producida por la competencia.

Los contratistas del extranjero no han de venir seguramente en estos tiempos á España á interesarse en la apertura de la Corta de Tablada; y si alguno se presentara, había de ser ofreciendo un precio completamente inaceptable por lo elevado; pues por un lado la concurrencia de esta clase de contratistas no sería grande, y por otra parte habían de tener en cuenta seguramente, al calcular la diferencia entre el precio real de coste y el precio de abono, el tanto por ciento que representa la depreciación de nuestra moneda; pues claro es que, el que á España venga á realizar ganancias en una construcción, ha de contar con los gastos que le ocasione el llevarlas á su país, y el pago de los medios de ejecución que no puede menos de adquirir en el extranjero.

Dificultad para asegurar á los contratistas el pago puntual de las obras.

Aún hay más; ni el contratista español ni el extranjero, harían contrato con la Junta de Obras sin tener la completa certidumbre de que habían de ser pagados con toda puntualidad.

Ahora bien, la Junta de Obras ha de arbitrar los recursos para la ejecución de la Corta por medio de empréstitos que tiene que colocar en la Plaza, y, al hacer uso del crédito, todavía ha de pensar, no sólo en atender á las necesidades de esta obra, representada por la expropiación y por la ejecución de la Corta y del Puente giratorio, sino también á las exigencias del resto de las incluídas en el proyecto, tan necesarias como la de la Corta, que absorberán considerables recursos, que hay que procurar en su mayoría por el mismo procedimiento.

Dificultades para hacer la subasta y para usar del crédito ejecutando las obras por contrata.

Se presentan, pues, estas importantísimas cuestiones á resolver:

1.ª Sin conocer la proposición del futuro contratista, no se puede determinar con resultado práctico el importe de las obras, no habiendo medio, por lo tanto, de fijar la cifra de la emisión, desde el momento en que el precio deducido en el presupuesto puede ser afectado por elementos importantísimos, que hoy no es posible determinar por carecer de datos de comparación con los precios á que han resultado otras obras análogas ejecutadas por contrata, único medio de establecer el precio verdadero que pudiéramos llamar precio del mercado.

2.ª Suponiendo conocido el importe de la obra, ¿quién responde de que se coloque en su totalidad el empréstito que debe hacerse para su abono?

3.ª ¿Qué hace el contratista, en la hipótesis de que se haya efectuado la subasta, mientras transcurre el tiempo necesario para aclarar extremos tan importantes? ¿Puede quedar obligado y la Junta libre de obligaciones para con él? ¿Esta situación permitirá y hará posible el depósito de la fianza provisional de obra tan importante?

4.ª ¿Habrá quien venga á una subasta ó concurso, tomándose las molestias y realizando los gastos que esto necesariamente supone, para construir una obra que importa millones de pesetas, teniendo en caja la Junta sólo unos cuantos miles, y ofreciendo como todo recurso el inseguro resultado de una operación de empréstito, cuya cuantía sólo conoce el mismo que piense venir á la subasta?

5.ª ¿Es que, para evitar todos estos inconvenientes, el Estado va á garantir á los licitadores el completo pago de las obligaciones que adquiera la Junta, prescindiendo por completo de los recursos que ésta pueda aprontar haciendo uso del crédito?

Pero, en la hipótesis de que la marcha que se acaba de bosquejar conduzca por excepción á realizar un contrato que desde luego debe calificarse de caro, todavía queda un inconveniente grave que evitar. La Junta no puede firmar un contrato de ejecución de obras sin tener la seguridad de contar con los recursos necesarios para su abono. Recurriendo al crédito como medio de obtenerlos, puede, para lograr aquel objeto, seguir dos procedimientos: ó hace la emisión necesaria, exigiendo el valor total de las obligaciones antes de emprender las obras, ó bien la hace acomodando el pago de las obligaciones á las necesidades probables de aquéllas.

El primer procedimiento presenta el inconveniente de que la Corporación tendrá que abonar considerable suma de intereses por un dinero que va á emplear en su mayor parte en un período de siete años y en plazos próximamente iguales; el segundo tiene, á su vez, el inconveniente de hacer imposible la colocación de un empréstito, cuyas obligaciones hay que pagar en siete años; pues á nadie conviene adquirir compromiso de entregar dinero á tan larga fecha, sobre todo, cuando la emisión que hay que colocar es de importancia con relación al dinero disponible para estas operaciones en la localidad.

Si, pues, por cualquiera de estas dos razones, se desecha la idea de emitir el empréstito, no se puede recurrir á otro expediente para pagar la obra que al que pudiera consistir en abonar su valor al contratista con las mismas obligaciones emitidas por la Junta; procedimiento completamente inadmisible, ya porque esta forma de pago acabaría de alejar por completo la concurrencia de licitadores, ya porque, quedando en poder de una sola persona una masa considerable de papel, sería imposible para la Junta recurrir de nuevo al crédito en busca de recursos que destinar á la ejecución de otras obras, tan necesarias como las de la Corta, y sin las que ésta no puede llenar los fines para que se construye.

Es, pues, indudable que el sistema de contrata aplicado á este caso tiene graves inconvenientes, aun para los que en principio sean sus más acérrimos partidarios.

La ejecución por contrata de las obras de la Corta no tiene ninguna ventaja en las del Puerto de Sevilla.

Y en cambio, ¿qué ventajas acarrea? No contando con la baratura, porque no se puede obtener en este caso, quedan sólo las que consisten en evitar que la Administración tenga que ocuparse del detalle de ejecución y de organización de la obra y del establecimiento de aquellos servicios de conservación, reparación y de explotación y manejo del material que la misma acarrea.

No es ciertamente despreciable esta ventaja en las Obras públicas de carácter ordinario; pero en las obras de la ría del Guadalquivir y puerto de Sevilla, puede decirse que desaparece por completo, según vamos á demostrar.

Por razones especialísimas consignadas en el capítulo décimotercero, expuestas repetidas veces á la Superioridad, aceptadas por ella y sancionadas por más de cuarenta años de experiencia no interrumpida, las obras de mejora de la ría del Guadalquivir se vienen ejecutando por el sistema de administración.

De esta manera también han de construirse las de la misma clase incluídas en este proyecto, y todas las de este género que se construyan en lo sucesivo.

Por consiguiente, en el puerto de Sevilla han existido siempre, existen ahora y no pueden dejar de existir en lo sucesivo, todos los elementos necesarios

para ejecutar, por administración, obras y servicios de gran importancia. Ahora mismo, en unas y en otros, se viene gastando anualmente cerca de un millón y medio de pesetas.

Se cuenta, por tanto, con personal de todos los órdenes que ha demostrado tener las condiciones necesarias para realizar su cometido; se dispone de un material de ejecución importantísimo, que vale cerca de cuatro millones de pesetas, que consume en combustible, grasas y demás materiales, 118.580,35 pesetas, que necesita para su manejo numeroso personal de distintas clases, cuyos jornales importan, anualmente, 134.074.00 pesetas; se han establecido, desde hace muchos años, talleres de reparación, movidos á vapor; almacenes que tienen un movimiento anual de entrada y salida de 499.614,27 pesetas, y que de ordinario contienen una existencia de un valor de 250.000,00 pesetas; se encuentra implantado un sistema de contabilidad, minucioso y completo, que abastece perfectamente las necesidades de todo género que representa el detalle de la administración de estos intereses; y, en una palabra, la organización de todas las obras y servicios que se ejecutan por administración, producen excelentes resultados, y viene siendo aprobadas, constantemente, por la Superioridad.

Añadir á una administración semejante la ejecución directa de las obras de apertura de la Corta de Tablada, que se ha de llevar á cabo empleando un personal de la misma clase y un material análogo, por no decir igual, al que emplea en las demás obras de la ría, no significa nada, ni acarrea dificultad ni inconveniente alguno.

El personal directivo, el taller de reparación, el servicio de almacén, hoy existentes, y aun el mismo personal de obreros afecto al material que se usa en las obras de la ría, aumentado en corto número, han de abastecer ciertamente las necesidades de ejecución de las de la Corta, sin que haya necesidad de añadir nuevos servicios ni otros elementos de administración, y sin que haya que variar en lo más mínimo la organización general, la contabilidad y la marcha que tienen hoy las obras, que no puede menos de continuar en lo sucesivo.

Porque, en efecto, ¿qué puede importar que en las obras del Puerto de Sevilla haya ocho maquinistas, diez ó doce fogoneros y unos cuantos peones más ó menos, y qué puede representar que en los talleres se hagan reparaciones por veinte ó treinta mil pesetas de más ó de menos, que en proporción varíe el movimiento de almacenes y que se compren mil ó mil quinientas toneladas de carbón y el resto de material necesario para manejar ocho aparatos que, en junto, vienen á representar unos setecientos caballos de vapor?

Buena prueba de la certeza de estas afirmaciones se encuentra en lo ocurrido con la adquisición, hecha en Enero de este año, del tren de dragado, descrito á la ligera en el capítulo décimocuarto, compuesto de tres grandes unidades de material que representan novecientos setenta y cinco caballos de vapor, que contienen numerosos mecanismos bastante complicados, que dan lugar á una conservación y á una reparación dignas de considerarse, y que necesitan más numeroso y más especial personal que el que requieren los aparatos para la apertura de la Corta.

Pues bien; á pesar de todo, en nada se ha alterado el personal técnico y administrativo que existía ya antes de la adquisición; en nada han cambiado la organización y contabilidad interiores de las obras, ni de los talleres, ni de los almacenes, ni se ha aumentado un sólo empleado; la variación única ha consistido en admitir algunos obreros más.

La Superioridad, conocedora de esta situación especial de las obras del Puerto de Sevilla, siempre ha adoptado con acierto el sistema de administración para la ejecución de obras nuevas de mucha importancia, á pesar de que se prestaban á ser construídas por contrata, como son las de construcción de un muelle metálico y las de apertura de la Corta Hernando, con presupuestos que respectivamente importaban 942.119'90 y 1.175.506'51 pesetas, y una buena parte de la apertura de la Corta de los Jerónimos, cuyo importe ascendió á 6.194.038,02 pesetas.

Por consiguiente, en virtud de cuanto se ha expuesto, es lícito dejar sentada la siguiente proposición: cualesquiera que sean las dificultades que haya que vencer dentro de la organización general de las obras públicas del Estado para realizar obras por administración, ya se refieran al personal técnico de todos los grados, ya á las cuestiones de organización económica, ya á los resultados que pueda producir este modo de ejecutar las obras, será indispensable vencerlas como siempre se han vencido, en todos los tiempos, en el Puerto de Sevilla, lo mismo en el caso de que las obras de la Corta de Tablada se hagan por administración, que en el caso de que se hagan por contrata.

El problema á resolver es el mismo con todas sus condiciones favorables y adversas, ante lo esencial de la cuestión y ante lo prevenido en la legislación especial que rige la materia.

La ejecución de la Corta de Tablada por el sistema de administración no tiene, pues, en el puerto de Sevilla, los inconvenientes que puede acarrear en las demás obras públicas.

Facilidades técnicas que presentan las obras de la Corta, para asegurar el éxito, ejecutadas por administración.

Por otra parte, para llevar á cabo las obras de apertura de la Corta no hay que tener en cuenta la existencia de ningún riesgo, no hay que considerar múltiples clases de obras, no hay que cambiar frecuentemente la organización de los trabajos; lo mismo que se excavan y depositan los primeros metros cúbicos, se excava y deposita el último.

Hay, pues, tiempo sobrado para depurar la organización, para aquilatar los precios, para rectificar algún error que pudiera cometerse; en una palabra, todo concurre y ayuda á ejecutar la obra en buenas condiciones desde cualquier punto de vista.

La única ventaja técnica que á primera vista parece no se consigue haciendo las obras por el sistema de administración, consiste en privarse del concurso del saber y experiencia de los constructores especialistas, que en España puede decirse no existen; pero hay un medio de contar con ella, que el lector encontrará expuesto más adelante, al tratar en este mismo capítulo de las condiciones más principales que ha de contener el pliego de las de adquisición por concurso del material de ejecución de la Corta.

Conveniencias de la ejecución por administración de las obras de la Corta para la marcha económica de la Junta.

Por lo demás, son evidentes las grandes conveniencias que tiene la ejecución de las obras por administración para la marcha económica de la Junta.

Aquélla, en este caso, es bien sencilla; debe hacer primero la Corporación, en vista de los recursos que tenga disponibles, la emisión que se considere necesaria para efectuar la expropiación, para adquirir el material de ejecución de la Corta y para pagar los importes de tres ó cuatro anualidades de la construcción, apartando, naturalmente, los recursos que durante este tiempo necesite para la explotación de los servicios y para la ejecución de todas las obras á su cargo, ya pertenezcan á las que ejecuta en este momento, ya á las que deba construir de las comprendidas en este proyecto.

Si se coloca la emisión así concebida, se emprenden las obras de la Corta sin inconveniente alguno; si se coloca solamente una parte, puede la Junta quedar en libertad de tomarla ó dejarla, adoptando toda clase de soluciones, sin perjuício de su marcha económica y sin conflicto alguno

Transcurridos los años correspondientes á las anualidades de ejecución de la Corta que previó la Junta al hacer la primera emisión, puede acudir de nuevo al crédito, encontrando el mercado en buenas condiciones por virtud del tiempo transcurrido, y puede solicitar los fondos necesarios para continuar la ejecución de la Corta, por más ó menos tiempo, contando ó no con la instalación de otras de las obras comprendidas en este proyecto, según se juzgue en aquella sazón, del estado más ó menos favorable del mercado. Con arreglo á los resultados de esta emisión, puede la Junta, sin grave inconveniente, paralizar las obras de la Corta, proseguirlas con mediana ó con gran actividad, emprender ó no otras obras é imprimirles mayor ó menor velocidad.

En una palabra, queda la Corporación en completa libertad, sin tener que ocuparse de compromiso alguno contraído con tercera persona, para llevar todas sus obras, incluyendo las de la Corta, como necesite en cada momento, según los recursos de todas clases de que pueda disponer.

Además, es evidente que por este camino la Junta está siempre en las condiciones que necesita para hacer uso del crédito con éxito, adaptando las emisiones á la receptibidad probable del mercado en cada época, á la variación de los recursos permanentes con que se cuente, pagando, por otra parte, la menor suma posible de intereses, precisamente en la época que con menos recursos propios debe hacer más gastos, porque todavía no se han presentado los aumentos de ingresos que necesariamente se han de obtener por la ejecución de las obras, que terminará de esta suerte en un plazo más ó menos largo, que será siempre el más corto dentro de sus posibilidades económicas.

Sistema de ejecución de las obras de la Corta que debe ser adoptado en definitiva.

En virtud, pues, de cuanto antecede, el autor del proyecto opina que las obras de la Corta deben hacerse por el sistema de administración, adquiriéndose por concurso, tramitado en la forma ordinaria y aprobada, el material necesario para la construcción.

Concurso para la adquisición del material.

En este concurso deben solicitarse proposiciones para comprar excavadores y cables transportadores de condiciones análogas á las justificadas en el párrafo V del capítulo onceno; pero, al mismo tiempo, debe autorizarse á los proponentes para que ofrezcan en su proposición cualquier otro género de aparatos que crean sea preferible á los excavadores y transportadores para realizar las obras, resolviendo, á su juício, de mejor manera el problema esencial que envuelve la apertura de la Corta, que es la excavación y depósito de sus tierras en un solo caballero, ó en dos caballeros situados en sus márgenes.

Dando esta amplitud á los proponentes, haciendo gran publicidad, convenientemente dirigida para que alcance eficazmente á los mercados de Europa y América; otorgando prácticas facilidades relacionadas con el modo y forma del pago del material; reservándose la administración la amplitud suficiente para elegir proposiciones, para pedir ampliación de las que se presenten y hasta para convenir modificaciones de pequeña importancia que pudieran resultar indispensables, se llegará, sin duda alguna, á comprar un material de ejecución lo más perfecto y adecuado posible, adquiriendo de esta manera lo esencial de la ventaja que en el sistema de obras por contrata se representa por llevar á las obras el saber práctico y la experiencia de los constructores especialistas.

En el pliego de condiciones de este concurso debe tomar la administración dos precauciones principales: consiste la primera en asegurar de un modo práctico y definitivo el resultado efectivo del material que se adquiera; para esto basta hacer depender la parte más importante de su abono del resultado de las pruebas que se realicen en Sevilla, que deben concebirse de tal manera en cuanto á su duración y en cuanto á las condiciones que en ellas se deben llenar, que punto tan importante quede totalmente conocido.

La segunda precaución, también de orden esencial, ha de tender á conseguir la absoluta seguridad de que los pagos que se hagan á los constructores, antes de presentar el material en Sevilla, queden completamente garantidos, y este propósito se logra disponiendo la cuantía de los plazos de abono de tal manera, que en todo tiempo el importe de la obra ejecutada por el constructor represente bien la cantidad recibida por el mismo.

Después de todo, y en cuanto á estas dos precauciones, hay que decir que no de otra manera se ha procedido siempre por las Juntas, con aprobación del ministerio, al realizar las importantes adquisiciones de material que, por fortuna, son ya corrientes en la ejecución de las obras de los puertos.

En lo demás, el pliego de condiciones que se ha de estudiar, para el concurso de compra del material de la ejecución de la Corta, ha de ser análogo á los aprobados para esta clase de adquisiciones, si bien en la redacción de sus condi-

ciones no ha de olvidarse el carácter de generalidad que se concede á las proposiciones que hayan de presentar los constructores.

Sistema de ejecución del Puente giratorio, del Muelle de atraque y de su zona de servicio.

El puente giratorio, el muelle de atraque y la zona de servicio, son obras que conviene á todas luces ejecutar por el sistema ordinario de contrata; sus condiciones técnicas y económicas, lo definido y convenido de sus unidades de obra, la brevedad relativa de sus períodos de ejecución y los importes no exagerados de su presupuesto, lo exigen de consuno.

Sistema de ejecución de las obras de mejora de la Ría.

En cuanto á todas las obras de mejora de la navegación de la ría y de la desembocadura, deben llevarse á cabo por el sistema de administración, única manera como es posible construirlas; redactando proyectos y presupuestos parciales, cada dos ó tres años, como se hace para las obras de conservación, de aquellas que convenga emprender en cada caso, según los recursos disponibles para los servicios de explotación del puerto, para las obras nuevas y de conservación de todas clases, en vista de los resultados que produzcan las que se vayan ejecutando, según las necesidades de la navegación en cada período, y teniendo en cuenta tantas y tantas circunstancias aleatorias, hoy desconocidas, que influyen poderosamente en esta clase de obras.

A los presupuestos que periódicamente se han de remitir, comprensivos de las obras á ejecutar, deberán acompañar consideraciones que pudiéramos llamar de liquidación, relativas á las obras ejecutadas en el período anterior; en ellas se dará cuenta á la Superioridad de las obras realmente construídas, de sus resultados, de los precios de las diferentes unidades de obra, de los gastos efectuados, y, en una palabra, de cuantas experiencias se hayan adquirido que sea conveniente conocer.

Las Memorias anuales que reglamentariamente ha de publicar la Junta sobre el estado y progreso de las obras á su cargo, constituirán otra serie de documentos en los que se dará cuenta á la Superioridad y á todo el mundo de la marcha técnica y administrativa de las obras.

De este modo se lleva á cabo con buenos resultados, desde hace mucho tiempo, la construcción de las obras parciales de mejora de la navegación que se han realizado en la ría.

§ II

Orden general que ha de seguirse en la ejecución de las obras

Obras de más urgente ejecución.

Las obras comprendidas en este proyecto, que tienen por fin, como repetidas veces se ha dicho, mejorar el puerto de Sevilla y la navegación de la ría y de la desembocadura, llevándola á veintitrés piés de calado efectivo, deben ejecutarse en el orden que sea más conveniente para producir sus resultados.

Habrá, pues, que comenzar, lo más pronto que sea posible, las dos obras de más larga ejecución, que además han de absorber mayor cantidad de recursos, y que, estando ligadas con otras importantes, que también hay que ejecutar, influyen extraordinariamente en la marcha general del conjunto.

Estas obras son la apertura de la Corta de Tablada y las de mejora de la navegación.

Orden de ejecución del grupo de obras de mejora del puerto.

La primera, que importa con su expropiación 6.306.656,17 pesetas, debe de realizarse antes que el puente giratorio, antes que el muelle de atraque, y, naturalmente, antes que la instalación de la zona de servicio de éste.

Por la apertura de la Corta de Tablada habrá que empezar, pues, la ejecución del grupo de obras de mejora del puerto, y será ocasión de comenzar la construcción del puente giratorio y del muelle tres años antes de concluir aquélla; á su vez las obras de instalación de la zona de servicio deben acometerse uno ó dos antes de terminarse la construcción del muelle; procediendo así, se conseguirá con-

cluir el grupo de obras de mejora del puerto, al mismo tiempo que se permita el paso de la navegación por la nueva Corta, pudiéndose utilizar á la vez los servicios de todas estas obras.

Orden de ejecución del grupo de obras de mejora de la navegación de la ría.

Las otras obras importantes que se dijo influían poderosamente en sus congéneres y en el conjunto, son las de mejora de la navegación.

Y lo mismo las de la primera sección de la ría, comprendidas desde la Punta del Verde hasta la Horcada, que todas las de la segunda, desde este punto á Bonanza, son igualmente urgentes; habrá que adelantar las de un tramo con preferencia á otro, á cualquier sección que pertenezca, según aconseje el régimen, del modo que indiquen las necesidades de la navegación y en vista de los recursos disponibles.

Las obras de mejora del cauce actual, en el trozo comprendido por la Corta de Tablada, no deben empezarse hasta que esté terminada y en servicio la Corta. Estas obras y las del partidor, que separará con arreglo á lo dicho en el párrafo séptimo del capítulo octavo las aguas que han de correr por la Corta y por el cauce actual, deben tomarse en consideración á la vez, aumentando el estrechamiento del tramo de cauce actual comprendido por la Corta, á medida que lo requiera el régimen de las aguas que por él se establezca.

Orden de ejecución de las obras de mejora de la navegación de la desembocadura.

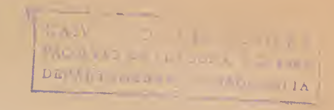
Las obras de mejora de la desembocadura han de quedar terminadas en el momento en que sea posible la navegación por la ría con un calado de 23 piés, con cierto carácter de permanencia; pero debe empezarse su ejecución en la intensidad que se necesite y con la oportunidad conveniente para que se puedan aprovechar, lo antes posible, los aumentos de calado que se obtengan y consoliden en la ría.

Deberá, pues, empezarse, como se dijo en el capítulo décimocuarto, por ejecutar los dragados que tienen por objeto el aumento de profundidad de la canal, comenzando por quitar las cotas de mínima profundidad; siguiendo, cuando los fondos ya sean parejos, por la apertura de una canal de cinco metros de profundidad, á baja, de dirección apropiada y de una anchura de setenta á ochenta metros que, convenientemente valizada, seguirán los barcos todo el tiempo que se tarde en darle la anchura total marcada en los planos.

Terminados los dragados de aumento de profundidad, se ejecutarán los de mejora de la virada, y, por último, los de rectificación del veril Norte de la canal justificada en este proyecto.

Tal es el orden general que conviene seguir en la ejecución de las obras comprendidas en este proyecto; para puntualizar más, llegando hasta indicar la sucesión detallada de cada una de ellas se carece de los datos al efecto necesarios, pues la construcción de todas depende de multitud de elementos circunstanciales y aleatorios, hoy totalmente desconocidos.





Capítulo Décimosexto

Documento del proyecto y propuestas á la Superioridad.

§ I.

Documentos del proyecto

Aunque este proyecto se diferencia notablemente de los documentos que de ordinario llevan este nombre, por su extructura, por los fines del orden administrativo que con él se persiguen y por los resultados de todas clases que ha de producir, se ha tratado de observar en su redacción las disposiciones ordenadas en el Formulario.

Forma general adoptada en la redacción de este proyecto.

Así, pues, se ha redactado la presente Memoria descriptiva y de justificación de las obras que en él se proponen que, conteniendo, entre otros, los anejos prevenidos de justificación de precios de los presupuestos y del cálculo aproximado del valor de las expropiaciones, constituye el Documento número 1.

Memoria.

Los planos de las obras proyectadas componen el Documento número 2, que se forma con las hojas siguientes:

Planos.

Hoja número 1.—Plano del fondeadero y de los tramos inmediatos de la ría.
Id. id. 2.—Plano del cauce mayor de la ría del Guadalquivir.
Id. id. 3.—Ría del Guadalquivir.—1.ª sección, de Sevilla á la Horcada.
Id. id. 4.—Ría del Guadalquivir.—2.ª sección, de la Horcada á Bonanza.
Id. id. 5.—Broa de Sanlúcar y desembocadura del Guadalquivir.
Id. id. 6.—Plano general de la Corta de Tablada.

El carácter de generalidad de las propuestas que se van á deducir de este proyecto impide la redacción del Pliego de condiciones facultativas, en la forma acostumbrada, que es en los proyectos el Documento número 3.

Pliego de condiciones facultativas.

El presupuesto, Documento número 4, se acompaña en volumen separado, y se ha redactado dividiendo en cuatro partes principales las obras comprendidas en el proyecto, que son: Primera: Obras de mejora del Puerto de Sevilla.—Segunda: Obras de mejora de la navegación de la Ría del Guadalquivir.—Tercera: Obras de mejora de la desembocadura del Guadalquivir.—Y cuarta: Presupuesto general, resumen del importe de los tres grupos de obras que se acaban de mencionar.

Presupuesto.

Cada uno de estos tres grupos de obras constituye un presupuesto particular ó especial de cada uno, que se ha redactado dividiéndolo en los capítulos que ordena el Formulario: Cubicaciones, Cuadro de precios, Presupuestos parciales y Presupuesto general.

Proyecto especial del Muelle de Tablada y anteproyecto del Puente giratorio.

Como hijuelas de este proyecto general, cuyos documentos se acaban de enumerar, se acompaña un proyecto de muelle de atraque emplazado en la Corta de Tablada y un anteproyecto de puente giratorio sobre la misma Corta, redactados, en la forma que previenen los Formularios, por el Ingeniero afecto al servicio de estas obras, D. Juan Manuel de Zafra.

Los resultados de este proyecto y anteproyecto se mencionan en el lugar correspondiente de los documentos del proyecto general, englobando sus respectivos importes en el presupuesto de este último.

Justificación de la forma especial adoptada en la redacción.

La conveniencia de dividir como es debido el estudio de los más importantes problemas que se comprenden en el proyecto, y la necesidad de separar, como es justo, el trabajo realizado por los dos Ingenieros que han tomado parte en el estudio de las obras que se incluyen en él, ha obligado á adoptar una forma de redacción especial y poco acostumbrada, pero que en nada perjudica los resultados que ha de producir, favoreciendo más bien la manera de desarrollar en lo sucesivo las propuestas que en el proyecto general se hacen á la Superioridad, que vamos á detallar inmediatamente.

§ II

Propuestas á la Superioridad

Al redactar este proyecto se ha propuesto su autor, imponiéndose por impulso del deber una labor superior á sus fuerzas, conseguir dos objetos principales.

Es el primero reunir y agrupar en este documento cuanto se conoce, por vía de experimentación, del Puerto de Sevilla y de la navegación de la ría del Guadalquivir, fin que ha realizado compilando y estudiando los trabajos hechos por los distinguidos Ingenieros que le han precedido en la Dirección de las Obras del Puerto de Sevilla, y aumentando este inagotable caudal con el modesto aporte de sus escasos conocimientos y de su propia experiencia.

Y ha sido el segundo objeto, presentar al conocimiento de la Superioridad la totalidad del problema y el conjunto de cuestiones que envuelven las difíciles pero precisas é inevitables mejoras del Puerto de Sevilla y de la navegación del Guadalquivir.

Los resultados de un trabajo que se realiza con tales propósitos no pueden ser ni inmediatos ni muy concretos.

La utilidad de un proyecto de esta clase consiste en deducir soluciones de carácter general para los diferentes problemas que se relacionan con la ejecución de las obras, influyendo en ellas, de un modo esencial; su estudio ha de hacerse teniendo á un tiempo á la vista las conveniencias de todos, armonizando su manera de ser y encerrando á cada uno, sin perjuicio del conjunto, dentro de aquellos límites en que deba prácticamente desenvolverse en sentido de realidad, y contribuyendo al fin primordial que se persigue con el estudio de todos.

Al rogar, pues, á la Superioridad se sirva conceder á este proyecto una aprobación de caracter general, entiende su autor que solicita de ella la aprobación de las propuestas siguientes:

Primera.—Que se sirva declarar que el Puerto de Sevilla y la navegación de la ría del Guadalquivir se encuentran necesitados de urgente mejora.

Segunda.—Que esta mejora debe consistir, por ahora, en ejecutar las obras necesarias para que el puerto de Sevilla quede en condiciones de servir á la mo-

derna sus tráficos marítimos, de tránsito y de depósito, de presente y de porvenir, y para poner á la ría del Guadalquivir en estado de mantener de un modo permanente una navegación de veintitrés piés ingleses de calado efectivo, equivalentes á siete metros, efectuando los barcos, así su entrada al puerto como la salida al mar, sin detención alguna, ó sea en una marea ó en una sola singladura.

Tercera.—Que el plan de obras adecuado para realizar las mejoras antes expresadas ha de consistir en la ejecución de las siguientes, que deben llevarse á cabo, en general, con arreglo á lo establecido para cada una en este proyecto, en lo referente á todos los elementos que influyen en ellas y las determinan, y sin perjuício de las variaciones que se introduzcan al estudiar, á su debido tiempo, los proyectos parciales de ejecución.

PLAN GENERAL

de las obras de mejora del Puerto de Sevilla, de la navegación de la Ría del Guadalquivir y de su desembocadura.

		Presupuesto de ejecución material.	
		PARTICULARES — Pesetas Cts.	TOTALES — Pesetas Cts.
Obras de mejora del Puerto.	Apertura de la Corta de Tablada.. . .	6.306.656,17	8.755.504,76
	Construcción de un puente giratorio sobre esta Corta.	661.075,00	
	Construcción de un muelle de atraque emplazado en la orilla izquierda de la misma.	1.083.323,59	
	Instalación de la zona de servicio perteneciente al muelle aterior. . . .	704.450,00	
Obras de mejora de la ría.	Obras de encauzamiento y de mejora de la canal navegable de la primera sección de la ría, comprendida entre Sevilla y la Horcada.	3.450.347,20	6.832.128,90
	Obras de encauzamiento y de mejora de la canal navegable de la segunda sección de ría, comprendida entre la Horcada y Bonanza.	3.381.781,70	
Obras de mejora de la desembocadura.	Dragados de mejora de la canal navegable de la desembocadura. . .	459.899,00	459.899,00
	PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL DE LAS OBRAS INCLUÍDAS EN EL PLAN. .		16.047.532,66

Cuarta.—Que deben construirse por el sistema de administración todas las obras comprendidas en el plan anterior, exceptuándose solamente las del Puente giratorio sobre la Corta de Tablada, las del Muelle de atraque emplazado en la orilla izquierda de la misma, y las de instalación de la Zona de servicio perteneciente á este muelle, que serán construídas por el sistema de contrata.

Quinta.—Que el orden de ejecución de estas obras debe ser, en general, el indicado en este proyecto, y que el plazo de ejecución de la totalidad de las

que comprende puede ser de ocho años, si lo permite la importancia de los recursos que el Estado y la Junta puedan aportar para su ejecución.

Sexta.—Que se tenga entendido que, al conceder al plan una aprobación de carácter general, se aprueba de un modo concreto y definitivo para cada una de las obras comprendidas en él, lo que se va á indicar á continuación, justificado en este proyecto.

Corta de Tablada

(*a*) Los límites de la superficie que se ha de expropiar para construir la Corta.

(*b*) Su emplazamiento, el trazado de sus márgenes y sus dimensiones definitivas.

(*c*) El trazado, la anchura, las profundidades y la forma de las secciones transversales de la excavación con que debe iniciarse la apertura de la Corta.

(*d*) El lugar de depósito de los productos excavados y las obras auxiliares, proyectadas con objeto de evitar, durante la ejecución, la entrada de las aguas en las trincheras.

(*e*) La adquisición de todo el material de ejecución de la Corta, que ha de hacerse por concurso, realizado en la forma corriente y aprobada; debiendo tenerse presente, al redactar el Pliego de condiciones facultativas, lo manifestado sobre el particular en este proyecto.

Puente giratorio

Quedarán aprobados, en principio, en esta obra, los extremos relativos á su emplazamiento, á su rasante, á su composición general, á su extructura, á la longitud de sus tramos y al número de apoyos.

No obstante, en el proyecto definitivo de ejecución se hará cargo su autor de estos extremos para acabar de justificarlos, y además completará el estudio de todos los elementos técnicos, económicos y del orden administrativo, que deban acabar de definir la obra.

Muelle de atraque en la Corta de Tablada

Se considerará aprobado este proyecto en sentido definitivo, construyéndose la obra del modo que en él se describe y justifica; se revisará, solamente al ejecutarlas, lo relacionado con el presupuesto y con la contrata, si las circunstancias de entonces aconsejaran su modificación.

Instalación de la zona de servicio

Se llevará á cabo redactando, previa y oportunamente, proyectos para cada uno de los elementos que la componen, separando la construcción de las obras parciales como parezca más conveniente.

Por consiguiente, de cuanto en el proyecto actual se propone sobre la zona de servicio, sólo se debe considerar aceptado, al aprobarlo de un modo general, las dimensiones superficiales de la zona y la condición de que, en la instalación de los medios auxiliares de manutención del tráfico, deben tenerse presentes las necesidades del de tránsito y de depósito de las mercancías, que han de servirse con las ventajas, rapidez y economía, que caracterizan á los puertos modernos.

Así mismo se considerarán aprobados, en principio, los trazados de las vías de unión del puerto y de las dos estaciones de los ferrocarriles Andaluces y de Madrid á Zaragoza y Alicante.

Obras de mejora de la Ría

(1.ª y 2.ª sección)

Al aprobar el presente proyecto quedarán definitivamente aprobados en el grupo de mejoras de navegación de la ría los puntos siguientes:

I. El trazado general y definitivo de las márgenes de encauzamiento.

II. El sistema general de modificación de las márgenes y los tipos de las obras de entramado que se justifican en el proyecto.

III. La ejecución de los desmontes de rectificación de barrancas que se incluyen en este documento.

IV. La ejecución de los dragados que se indican en el presupuesto, destinados á proporcionar los fondos necesarios para la navegación y á crear las profundidades que deben auxiliar los efectos de las obras de márgenes en el cauce.

V. Las obras de defensa de márgenes incluídas en el presupuesto.

VI. Las obras de rectificación de los cauces de afluentes, consideradas en el proyecto.

VII. La manera de realizar estas obras de mejora de la ría, en lo referente á sus documentos de proyectos y presupuestos parciales, que deben remitirse, periódicamente, cada tres años, al conocimiento de la Superioridad, si las circunstancias no obligaran á modificar, esencialmente, dentro de cada período, las propuestas aprobadas, ó á solicitar un presupuesto adicional.

Obras de mejora de la desembocadura

Al aprobarse el proyecto general se considerarán, á su vez, aprobados el emplazamiento de la canal navegable, el trazado de sus veriles y los dragados de aumento de profundidad, de mejora de la región ahondable, de la virada y de rectificación del veril Norte de la canal.

También se considerará aceptado el procedimiento de ejecución de las obras que se han de realizar con el material de que se dispone, á no ser que, al llegar á la práctica ejecución, se vea que es necesario emplear alguna nueva unidad.

Si así sucede, deberá hacerse á la Superioridad oportuna demanda de autorización, adquiriéndola por el sistema de concurso.

Tales son las propuestas que el autor del proyecto estima debe hacer á la Superioridad. En su conjunto representan los resultados que debe producir la redacción de este proyecto, por demás influyentes en el desarrollo y progreso de las obras de la ría del Guadalquivir y del Puerto de Sevilla, á las que, por destino providencial, incumbe determinar el progreso de los intereses materiales de una de las regiones más importantes, más ricas y de más porvenir de España.

CONCLUSION

Al terminar esta clase de trabajos es costumbre, que generalmente revela modestia en sus autores, recomendarse á la nunca desmentida benevolencia de la Superioridad; en el caso actual, al suplicarle la otorgue sin tasa ni medida, no se hace alarde de modestia: se pide con la íntima convicción de que imprescindiblemente la necesita el autor de este proyecto, considerando su escaso valimiento y la dificultad y magnitud de los diversos problemas que ha tratado de resolver.

Sevilla 31 de Diciembre de 1902.

El Director Facultativo,

L. Moliní.

ERRATAS MÁS IMPORTANTES

Página.	Línea.	Dice	Debe decir
16	22	3.173	3.176
19	9	859.083,55	869.083,55
28	3	1896 á 1900	1896 á 1901
28	8	como después	pero como después
28	27	desde 1871 á 1901	y desde 1871 á 1901
31	26	Sudeste	Sudoeste
41	1	Presentados antecedentes	Presentados los antecedentes
54	12	150	80
57	13	río	ría
74	30	los	las
86	44	5.500	5.230
94	52	Tarfía	Bonanza
98	29	1.694	5.230
121	2	en el que	en la que
128(a)	10	bajamar	tajamar
128(d)	12	hoja núm. 5	hoja núm. 6
128(d)	29	ya por su poca importancia, ya porque cualquiera que esta sea, está ordenada la desviación de esta arroyada al Guadaira en el proyecto aprobado de las obras de defensa	por su poca importancia
128(e)	3	hoja núm. 5	hoja núm. 6
128(e)	27	hoja núm. 5	hoja núm. 6
128(h)	Epígrafe primero	*adopatdas*	*adoptadas*
130	54	13'00	130'00
134	11	Cercando	Creando
141	Epígrafe cuarto	*Frecuente intensidad*	*Frecuencia é intensidad*
161	49	repliego	repliega
168	53	lo	la
172	38	500	0,500
215	2	Documento	Documentos

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

ANEJOS

Anejo nº 5

ESTUDIO DE LA NAVEGACION DE SALIDA DEL GUADALQUIVIR, TENIENDO EN CUENTA LA MAREA

REPRESENTACION GRÁFICA



LUGAR GEOMETRICO DE LAS PLEAMARES VIVAS ORDINARIAS

LUGAR GEOMETRICO DE LAS ALTURAS DE MAREA QUE ENCUENTRA UN BUQUE A SU PASO POR CADA LUGAR CON UNA VELOCIDAD DE 8 MILLAS POR HORA Y FONDEADO EN LA MATA DURANTE 3 HORAS = TERCERA SOLUCION

LUGAR GEOMETRICO DE LAS ALTURAS DE MAREA QUE ENCUENTRA UN BUQUE A SU PASO POR CADA LUGAR CON UNA VELOCIDAD DE 8 MILLAS POR HORA

LUGAR GEOMETRICO DE LAS BAJAMARES VIVAS ORDINARIAS

PLANO DE COMPARACION DE LA PRIMERA SECCION UN METRO BAJO EL CERO DEL INSTITUTO GEOGRAFICO

FONDEADERO

NUEVO FONDEADERO

MEJORA DE LA 3ª SOLUCION

DE 8 MILLAS POR HORA SALIENDO DE SEVILLA EN LA MEDIA MAREA CRECIENTE = SEGUNDA SOLUCION

PLANO DE COMPARACION DE LA SECCION SEGUNDA - DOS METROS BAJO EL CERO DEL INSTITUTO GEOGRAFICO

LUGAR GEOMETRICO DE LOS FONDOS NECESARIOS PARA NAVEGAR CON 18' + 6" DE CALADO Y CON 1' + 6" DE GARANTIA

LUGAR GEOMETRICO DE LOS FONDOS NECESARIOS PARA NAVEGAR CON 23' DE CALADO Y 1' + 6" DE GARANTIA

LUGAR GEOMETRICO DE LOS FONDOS NECESARIOS PARA NAVEGAR CON 23' DE CALADO CON DE 1' + 6" DE GARANTIA

PROFUNDIDADES EXISTENTES REFERIDAS
- A LA BAJAMAR VIVA ORDINARIA
- AL PLANO DE COMPARACION

DISTANCIAS
- PARCIALES
- AL ORIGEN

ESCALAS
- HORIZONTAL 1:100000
- VERTICAL 1:100.

SEVILLA

SECCION TIPO Nº 1

BAJO DE LOS GORDALES

PUNTA DE TABLADA

MUELLE DE Sn JUAN

MUELLE DE SANIDAD

BOCA DEL GUADAIRA

PUNTA DEL VERDE

BAJO DE Sn CRISTOBAL

SECCION TIPO Nº 2

CORTA MERLINA

MUELLE DE CORIA

MUELLE DE LA PUEBLA

BRAZO DEL ROSARIO

MUELLE DE PARLADÉ

PUNTA DE LA ISLETA

BORREGO

CORTA FERNANDINA

SECCION TIPO Nº 3

PUNTA DE LOS OLIVILLOS

PUNTA DEL MARMOL

SECCION TIPO Nº 4

CORTA DE LOS GERONIMOS

LA LISA

SECCION TIPO Nº 5

SECCION TIPO Nº 6

PUNTA DE LA HORCADA

BAJO DE LA MATA

CAÑO DEL HAMBRE

SECCION TIPO Nº 7

PUNTA DE LA MATA

BAJO DE TARFIA


CAÑO DEL YESO

SECCION TIPO Nº 8

EL PUNTAL

PUNTA DE LOS CEPILLOS

BONANZA

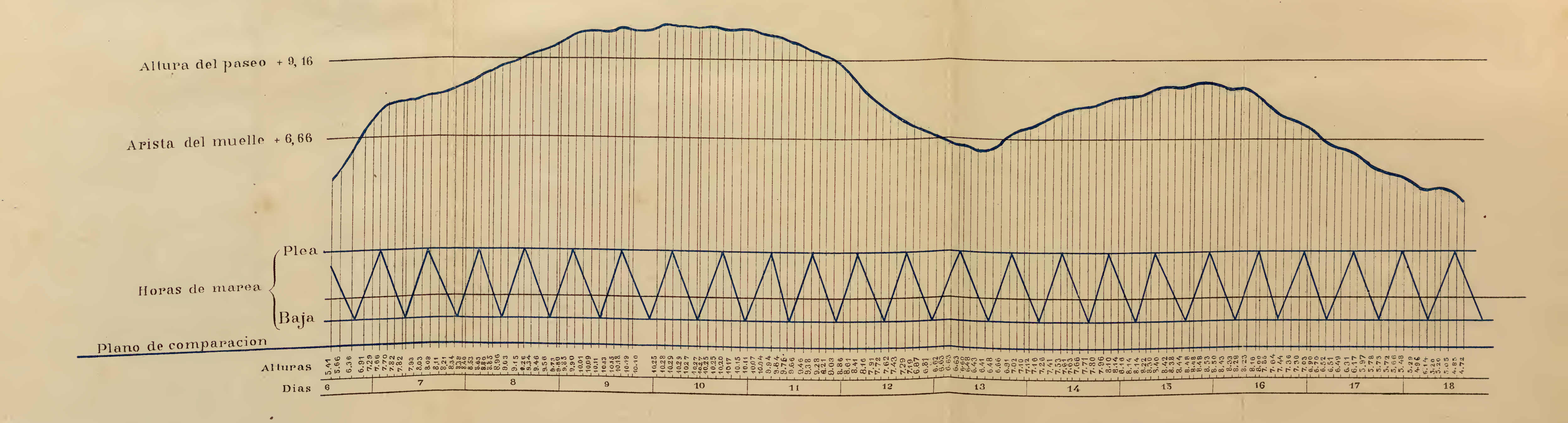

Anejo nº 4.
Lugar geométrico de las maximas alturas que alcanzó la avenida extraordinaria de 1892 en los distintos lugares de la Ria
ESCALAS
HORIZONTAL 1: 100.000
VERTICAL 1: 100
PENDIENTE DE 0,000176 EN 8500 M3
PENDIENTE DE 0,0002 EN 21000 M3
LUGAR GEOMETRICO DE LAS ALTURAS MAXIMAS DE LA AVENIDA
PENDIENTE DE 0,000 104 EN 9600 M3
Pte DE 0,000,316 EN 6000 M3
Pte DE 0,000 163 EN 5500 M3
Pte 0,00025 EN 2600 M3
Pte DE 0,000 154 EN 7500 M3
Pte DE 0,000034 EN 5900 M3
Pte DE 0,00082 EN 6100 M3
Pte DE 0,0000 43 EN 6860 M3
Pte DE 0,0000 65 EN 6500 M3
PENDIENTE DE 0,0000032 EN 30440 M3
BORDE DE LAS BARRANCAS
NIVEL DEL RIO EN ESTIAGE
LUGAR GEOMETRICO DE LAS PLEAMARES VIVAS ORDINARIAS
LUGAR GEOMETRICO DE LAS BAJAMARES VIVAS ORDINARIAS
PLANO DE COMPARACION = CERO DEL INSTITUTO GEOGRAFICO
BRENES
ALCALÁ DEL RIO
SEVILLA
PUNTA DE LOS REMEDIOS
PUNTA DEL VERDE
CORIA
ISLETA
COMPAÑIA
LOS ACEBES
LA LISA
BAJO DE LA MATA
PUNTA DE LA MATA
TARFIA
EL PUNTAL
BONANZA

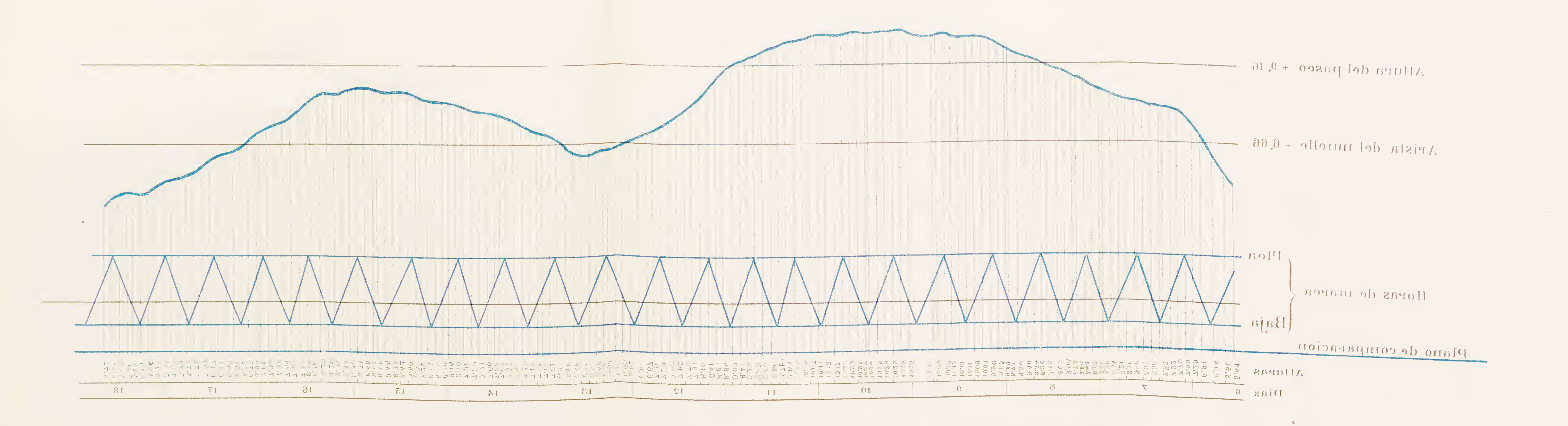
Anejo nº 5

Avenida extraordinaria de Marzo de 1892

Variacion del nivel de las aguas en el Puerto de Sevilla en los periodos ascendente, de permanencia y descendente

Escala horizontal 3 c/m por cada 24 horas
id. vertical 1:100





ANEJO NÚM. 7

OBRAS DE MEJORA DEL PUERTO

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS



Justificación de precios.

Apertura de la Corta de Tablada

(1) Se han calculado al detalle todos los elementos que entran en el precio del metro cúbico de excavación, transportado á caballeros, incluyendo toda clase de máquinas y materiales, y todas las obras necesarias para ejecutar por completo la Corta, conforme se detalla á continuación.

ANCHURA.—80 metros á bajamar, exceptuando el espacio comprendido entre los perfiles 13 y 17, en que va emplazado un puente giratorio, que tiene un ancho, también á bajamar, de 100,00.

PROFUNDIDAD.—Desde el perfil 1 al 7, en los cuarenta metros contíguos á la márgen izquierda, tendrá una profundidad de 8,00 metros, á bajamar; en la restante anchura de este tramo 7,00 metros, y en el resto de la Corta, desde el perfil 7 al 63, 6,50 metros.

Longitud hasta el perfil 7 . . .	560,00	metros.
Id. hasta el fin	5.300,00	id.
LONGITUD TOTAL DE LA CORTA. .	5.860,00	

Volumen á excavar, medido en caballeros.

Volumen del primer trozo hasta el perfil 22.	2.653.681,00	
Aumento del 15 por 100.	398.052,15	
TOTAL EN EL PRIMER TROZO . . .	3.051.733,15=	3.051.000,00
Volumen del segundo trozo hasta el perfil 63.	3.557.152,00	
Aumento del 15 por 100.	533.572,80	
TOTAL DEL SEGUNDO TROZO. . . .	4.090.724,80=	4.090.000,00
VOLUMEN TOTAL DE LA CORTA.		7.141.000,00

Excavación.

Excavadores de rosario de 130 metros cúbicos por hora, á 10 metros de profundidad.

Tiempo de trabajo.... { 300 días, á nueve horas.
112 noches, á ocho horas.
65 días de paralización.
8 noches de id.

Trabajo anual de cada excavador, 3.596 horas × 100 m³=359.600 m³.

Gastos.

Personal.

		Pesetas.		
Un día	Maquinista	6,00	23,00	69,13×300=26.739,00
	Fogonero	4,00		
	Engrasador limpiador	3,00		
	Peones de vagonetas	10,00		
	Material.			
	900 kilogramos de carbón	36,00	46,13	
	3 litros de aceite de oliva	3,00		
	1 kilogramo sebo fundido	0,85		
	1 id. grasa valvulina	1,58		
	1 algodón	0,85		
	Material para engrase de vagonetas	3,85		
Una noche	**Personal.**			75,51×112= 8.457,11
	150 % del importe durante el día	34,50		
	Material.			
	$^8/_9$ del importe durante el día	41,01		

Paralización, 73 jornadas de días y noches al precio del día. 1.679,00

Importe del trabajo de un excavador durante un año. 36.875.11

Precio del metro cúbico por excavación. 0,103

Depósito en caballeros.

Tiempo de trabajo, el mismo del excavador.

Trabajo anual de un cable transportador á una distancia de 150 metros, 3.596×100=359.600,00 m.^{3}

Peso del volumen de tierra de cada cubeta, 4,5 toneladas.

Volumen de id. id., 3 m.^{3}

Personal.

		Pesetas.		
Un día	Maquinista	6,00	35,50	104,06×300=31.218,00
	2 Fogoneros	8,00		
	1 Engrasador	3,00		
	1 Engrasador de cables	3,00		
	Avisador en el caballero	3,00		
	Peones en id.	7,50		
	Enganchadores	5,00		
	Material.			
	1.300 kilogramos de carbón	52,00	68,56	
	6 litros de aceite	6,00		
	2 kilos de sebo	1,70		
	2 id. grasa valvulina	3,16		
	2 id. de algodón	1,70		
	Grasa de cables	4,00		

	Personal.		
Una noche.	150 $^{0}/_{0}$ del importe total del día. . .	53,25	114,19×112=12.789,28
	Material.		
	$^{8}/_{9}$ del importe durante el día. . .	60,94	

Asiento y ripado de vías.

Un día. . . .	1 capataz..	4,00	24 × 300= 7.200,00
	8 peones.	20,00	
Una noche. .	150 $^{0}/_{0}$ del importe del día.	36,00 —	36 × 113= 4.031,00

Paralización, 73 jornadas de día y noche, á 59,50.. . . . . 4.343,50

Importe del trabajo de un cable transportador durante un año. . 59.582,78

Precio del metro cúbico por transporte y depósito á caballeros. . 0,163

TRANSPORTE LONGITUDINAL del volumen excavado entre los perfiles 1 y 7, conducido á un caballero adicional por una locomotora de vía ancha y 24 vagones, á una distancia media de 1.500 metros.

Personal.

		Pesetas.	
Un día. . . .	1 maquinista.	6,00	54,00×300=16.200,00
	1 fogonero.	4,00	
	1 limpiador encendedor..	3,00	
	2 guarda-agujas á 3,00 pesetas. . .	6,00	
	1 capataz de vía.	5,00	
	12 peones á 2,50 pesetas.	30,00	
Una noche. .	150 por 100 sobre el costo del día.		81,00×112= 9.072,00

Material.

Un día. . . .	500 klgrs. de carbón á 40 ptas. tld. .	20,00	32,56×300= 9.768,00
	6 litros de aceite	6,00	
	2 kilogramos de sebo.	1,70	
	2 íd. de grasa á 1,58.	3,16	
	2 íd. de algodón..	1,70	
Una noche. .	Material.		32,56×112= 3.646,72
Paralización.	73 jornadas, de día y noche, á 54,00 pesetas. .		3.942,00
	Gasto en un año.		42.628,72

Volumen con transporte longitudinal, 924.000 metros cúbicos.
Tiempo de ejecución, 3 años.
Importe de ejecución de este transporte, 127.886,16 pesetas.
Valor por metro cúbico de corta por transporte longitudinal á caballeros adicionales. 0,017

Abastecimiento del material de excavadores y cables aéreos.

Un ferrocarril de vía normal.

		Pesetas.	
Un día. . . .	**Personal de trenes.**		
	1 maquinista.	6,00	19×300=5.700,00
	1 fogonero.	4,00	
	1 limpiador encendedor.	3,00	
	2 guarda-agujas, á 3,00 ptas.. . .	6,00	
	Material.		
	500 klgrs. de carbón á 40 ptas. tld. .	20,00	32,56×300=9.768,00
	6 litros de aceite.	6,00	
	2 kilogramos de sebo.	1,70	
	2 íd. de grasa.	3,16	
	2 íd. de algodón..	1,70	

65 días de paralización, 22 pesetas uno.	1.430,00
Personal de conservación de vía en un año..	2.321,00
Id. de embarques.	9.212,00
Gastos de abastecimiento en un año.	28.431,00
En siete años.	199.017,00

Precio del metro cúbico de corta por abastecimiento del material. 0,027

Conservación del material.

UNIDADES — Kilogramos	DESIGNACIÓN	PRECIO — Pesetas	IMPORTE — Pesetas
	Detalle del repuesto para un excavador		
1.372,00	En 9 cavadoras.	3,00	4.116,00
670,00	En una cadena Galle.	5,00	3.350,00
1.222,00	En 12 trozos de cadena para el rosario. . .	5,00	3.055,50
800,00	De cadena ordinaria para levantar la escala.. .	3,00	2.400,00
1.935,00	En un volteador inferior.	1,50	2.902,50
1.900,00	Engranajes del extremo superior de la escala. .	1,25	2.375,00
	Tubos de caldera, 20 á..	40,00	800,00
600,00	En 64 parrillas.	0,75	450,00
	Resortes y varillas para la máquina. . . .		150,00
214,00	Bronce coginetes del volteador, á.	4,00	856,00
283,00	Movimiento para la vertedora móvil. . . .	1,50	424,50
	Varios.		478,70
	Total. . . .		21.358,20
	Detalle del repuesto para un cable transportador		
1.000,00	En un carro transportador.	4,00	4.000,00
6.535,00	En cables de acero	1,40	9.149,00
1.500,00	En un cubo caldero.	0'90	1.350,00
	Tubos de caldera, 20 á..	50,00	1.000,00
1.200,00	64 parrillas, á..	0,75	900,00
	Resortes, bielas, manivelas y varios. . . .		1.000,00
	Total. . . .		17.399,00

Resumen del material de repuesto

	Pesetas.
1 Excavador, según el detalle anterior.	21.358,20
1 Cable transportador, según id. id.	17.399,00
Material de repuesto de las vías de estos aparatos	3.217,08
Herramienta y pequeño material de vía.	2.000,00
Repuesto de un taller.	43.974,28
Cuatro talleres..	175.897,12

Conservación y reparación

6 °/₀ anual del valor del material (1).	87.601,92
Almacenes, un año.	2.000,00
Reparación corriente anual.	89.601,92
En siete años.	613.233,44
Total valor del repuesto, reparación y conservación del material..	789.110,56
Precio del metro cúbico de corta por conservación del material.. .	0,109

Tajeas de Saneamiento.

	Pesetas.
2 tajeas de 300 metros lineales.	600,00
2 íd. de 260 íd. íd.	520,00
17 íd. de 220 íd. íd.	3.740,00
	4.860,00
4.860 metros lineales de tajea, á 40 pesetas el metro.	194.400,00
6.000 íd. íd. de cuneta, á 0,30 íd., íd.	1.800,00
	196.200,00
Precio del metro cúbico de corta por tajeas de saneamiento. . . .	0,027

Refino de caballeros.

Margen izquierda. . .	Zona de servicio.	850 × 170	144.500,00
	De la zona de servicio al puente.	1.200 × 183	278.000,00
	Del Guadaira al fin de la Corta.	3.800 × 146	560.800,00
			983.300,00

Total de refino de caballeros, 983.300,00 metros cuadrados, á 0,17 pesetas, importa 167.161,00 pesetas.

Precio del metro cúbico de corta por refino de caballeros. 0,023

Diques y malecones de defensa.

Volumen por metro lineal de un dique de recinto y defensa de 2,00 metros de altura, 1,00 metro en la coronación y 7,00 en la base, 8,00 metros cúbicos.

(1) Precio á que resulta la conservación y reparación del material al servicio de las obras de la ría del Guadalquivir y puerto de Sevilla.—Véanse las memorias anuales.

Longitud del dique, 13.600 metros.

Volumen total del dique de recinto, 108,000 metros cúbicos.

	Pesetas.
Importa á razón de 0,75 pesetas el metro cúbico.	81.000,00
32 desagües de hormigón armado, á 250.	8.000,00
59.820 metros cúbicos de desmonte en los malecones del Guadalquivir y del Guadaira, á 0,35 pesetas.	20.937,00
160.650 metros cúbicos dragados en los malecones del Guadalquivir y del Guadaira, á 0,25 pesetas.	40.162,50
342 metros lineales de tubería de desagüe de los cuatro malecones á la altura de bajamar, á 50,00 pesetas metro lineal. . . .	17.100,00
8 llaves para maniobrar las tuberías, á 800,00 pesetas.	6.400,00
Agotamientos y revestimientos en los diques.	50.000,00
	223.599,50

Precio del metro cúbico de corta por diques y malecones de defensa. . 0,031

Amortización del material.

			Pesetas
Excavación y depósito en caballeros	4	excavadores á 110.000,00 pesetas..	440.000,00
	4	cables transportadores, á 155.708 id.	622.832,00
	4	bombas de alimentación de los excavadores y cables colocadas sobre los castilletes de éstos, á 5.000..	20.000,00
	800	metros lineales de tubería para las anteriores bombas, á 15,00 pesetas..	12.000,00
	240	metros lineales de tubo de cuero para alimentar los excavadores, á 20 pesetas..	4.800,00
	1	locomotora-ténder de vía normal para los caballeros adicionales.	50.000,00
	24	vagones volquetes para id., á 4.000 pesetas.	96.000,00
	2.500	metros lineales de vía para id., á 23 pesetas.	57.500.00
	4	cambios por agujas para id., á 1.500 pesetas.	6.000,00
		Varios de material de vías para id.	5.000,00
Aprovisionamiento de todo el material		Muelle embarcadero de carbón y materiales en la boca alta de la Corta.	25.000,00
	1	máquina de aguada en el muelle embarcadero.	10.000,00
	1	depósito y castillete para la aguada.	4.000,00
	1	grúa para embarque del carbón y otros.	25.000,00
	1	locomotora-ténder de vía normal para el abastecimiento del material.	50.000,00
	3	vagones algibes para id. id.	13.500,00
	2	id. de bordes altos para carbón	8.500,00
	6.200	metros lineales de vía normal para abastecimiento del material, á 23 pesetas.	142.600,00
	12	cambios para id. id., á 1.500 pesetas.	18.000,00
		Explanación y asiento de vía para id. id.	6.200,00
		Discos, señales y columnas de alimentación.	1.500,00
		Varios de material móvil.	2.000,00
		Teléfono..	2.000.00
		TOTAL VALOR DEL MATERIAL. . . .	1.622.432,00

Valor del material, terminadas las obras.

		Pesetas.	
	Excavadores, 10 por 100 de su valor. . .	44.000,00	
	Cables transportadores, 20 por 100 id. .	124.566,40	
2	Lomotoras-ténders de vía normal, 30 por 100 íd.	30.000,00	
5	vagones y algibes, 20 por 100.	4.400,00	
24	íd. volquetes, 10 por 100.	9.600,00	
8.700	metros lineales de vía normal, á 15 pesetas.	130.500,00	
16	cambios á 1.000 pesetas.	16.000,00	
1	grúa de vapor, 10 por 100 de su valor.. .	2.500,00	361.566,40
	VALOR Á AMORTIZAR DEL MATERIAL. . .		1.260.865,60

Precio del metro cúbico de Corta por amortización del material. . . . 0,175

Precio del metro cúbico de corta.

Excavación..	0,103
Depósito en caballeros.	0,163
Transporte longitudinal á caballero adicional.	0,017
Abastecimiento de todo el material.	0,027
Conservación de íd., íd.	0,109
Tajeas de saneamiento de terraplenes y caballeros.	0,027
Refino de terraplenes y caballeros.	0,023
Malecones y diques de defensa.	0,031
Amortización del material..	0,175
TOTAL.	0,675
Precio del metro cúbico sin amortización.	0,500

(2)

Valor total de la expropiación, según el Anejo número 8.	1.329.783,81 pesetas.
Superficie expropiada.	2.193.100,00 mts. cds.
Precio medio que resulta para el metro cuadrado expropiado.	0,61 peseta.

Puente giratorio sobre la Corta de Tablada.

La justificación de los precios de esta obra se encuentra en su proyecto especial, que se acompaña en volumen separado.

Muelle de la Corta de Tablada.

La justificación de los precios de esta obra se encuentra en su proyecto especial, que se acompaña en volumen separado.

Zona de servicio.

(3) En este precio se supone un terraplén de 12,00 metros cúbicos por metro lineal y un murete de fábrica de 1,50 metros de altura y 0,50 de espesor medio, apoyado en un cimiento ordinario.

El metro cúbico de terraplén vale una peseta, y el muro y su cimiento, que cubican un metro, valen 18,00 pesetas.

(4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) Los precios señalados con los números del margen, que se refieren á un metro lineal de vía normal sencilla, ó con contracarril, adquiriendo todos los materiales ó aprovechando material metálico de carriles, bridas y parte de los tornillos de los adquiridos para la apertura de la Corta, así como los cambios sencillos y dobles, ya sean para curvas de 150 ó 300 metros de radio, se han calculado aplicando á los detalles de cada uno los precios elementales de los materiales últimamente adquiridos para la conservación de las vías que están en explotación.

(11) Se supone una bóveda parabólica de hormigón armado de 3,00 metros de cuerda y 3,00 metros de flecha, con un espesor de 0,075 metros en la clave y 0,025 en los arranques.

Volumen por metro lineal, incluso cimiento-zampeado, 1,25 metros cúbicos que, á 200 pesetas, importa 250 pesetas.

Terraplén y resto de obra, 50,00 pesetas.

(12) Este precio es igual al que se paga por los adoquinados hechos en la zona de servicio del puerto.

(13) Igual al que resulta para los tinglados construídos en el muelle.

(14) Este precio es el que ha resultado para los mástiles-castilletes de 11,00 metros de altura que se emplean en el alumbrado eléctrico del puerto, incluyendo cimiento, basamento, lámpara y accesorios.

ANEJO NÚM. 8

Cálculo del precio medio del terreno expropiado.

		PESETAS.
38.250	hectáreas de caminos de vía pública sin valor.	
19.425	hectáreas de terreno con arbolado de naranjos, edificable para el ensanche de Sevilla, á 15.000 pesetas.	291.375,00
69.750	íd. íd. de primera calidad, edificable para la zona de ensanche de Sevilla, 7.500 pesetas.	523.125,00
130.135	íd. de terreno de labor de primera clase, á 1.250 pesetas.. . .	162.668,75
	Expropiaciones de edificios.	280.000,00
	Daños y perjuícios y ocupaciones temporales..	30.000,00
	SUMA.	1.287.168,75
	3 por 100 de afección.	38.615,06
	Gastos de tasación.	4.000,00
	TOTAL VALOR DE LA EXPROPIACIÓN.	1.329.783,81
	Que dividido por la superficie total expropiada, que es de 2.193.100 metros cuadrados, da para precio medio de metro cuadrado	0,61

ANEJO NÚM. 9

OBRAS DE MEJORA

DE LA

NAVEGACIÓN DE LA RÍA DEL GUADALQUIVIR

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

1.ª Y 2.ª SECCIÓN

Justificación de precios

Obras de tierra.

(1) Estos precios se refieren á la excavación á brazo de un metro cúbico de
(2) terreno arcillo-arenoso, transportado con carretillas y volquetes, y no nece-
(3) sitan justificación por ser conocidos y análogos á los que se emplean en todas
(4) las obras de este género.
(5) El transporte con gánguiles á la distancia de 500 metros se ha calculado teniendo en cuenta que la carga se hace á pala y que el transporte se hace conduciendo los gánguiles á són de marea, á remolque de una lancha á remo.

(6) Los precios que se refieren á la excavación con excavador de vapor y
(7) transporte con trenes, se han calculado teniendo en cuenta las experiencias
(8) adquiridas en las obras de mejora de la Punta Hernando, cuya excavación y
(9) transporte se realizan por estos medios.
(10) El precio de excavación con excavador de vapor y el depósito en caballeros por cable transportador, se ha calculado modificando el obtenido para la Corta de Tablada, sin amortización de material, que es de 0,51 pesetas, cargándole 0'14 peseta por gastos de transporte, montaje y de aprovisionamiento especial. También se han tenido en cuenta los gastos de desmonte y transporte para levantarlo de la obra.

Obras de entramado.

Los precios de las obras de entramado se han deducido, como se explica á continuación, usando los precios de los distintos elementos de la obra que son corrientes en la localidad, y que se contienen en las Memorias anuales publicadas. Puede verse la extructura de los diferentes tipos de estas obras en las hojas de plano números 3 y 4.

Precio de un espigón para las márgenes distantes de la canal.

Tipo núm. 1.

	IMPORTES Pesetas
(11) Por 6 pilotes rollizos de 2,00 metros de longitud, á 1,35 pesetas	8,10
» 10 id. id. de 3,00 id. de id. á 1,75 id.	17,50
» 9 id. id. de 4,00 id. de id. á 2,15 id.	19,35
» 9 id. id. de 5,00 id. de id. á 3,40 id.	30,60
» 15 id. id. de 6,00 id. de id. á 4,05 id.	60,75
» 9 id. id. de 7,00 id. de id. á 5,00 id.	45,00
» 12 id. id. de 8,00 id. de id. á 7,00 id.	84,00
» 9 id. id. de 9,00 id. de id. á 11,00 id.	99,00
» 78,10 metros lineales de riostras longitudinales, rollizas, de 0,10 de diámetro, á 0,35 peseta.	27,34
» 68,10 id. id. de traveseros de madera rolliza, á 0,35 id. . .	23,84
» 153 clavos de 9" á 10", á 0,10 peseta.	15,30
» 195 salchichones de ramón de pino de 2,00 metros de longitud y cuatro ligaduras de alambre galvanizado, á 1,20 pesetas..	234,00
IMPORTE DE UN ESPIGÓN DE 27,50 METROS DE LONGITUD. . .	664,78
El metro lineal..	24,17

Precio de un espigón para las márgenes próximas á la canal.

Tipo núm. 2.

		IMPORTES — Pesetas.
(12)	Por 2 pilotes rollizos de 2,00 metros de longitud á 1,35 pesetas	2,70
	» 12 id. id. de 3,00 id. de id. á 1,75 id.	21,00
	» 8 id. id. de 4,00 id. de id. á 2,15 id.	17,20
	» 8 id. id. de 5,00 id. de id. á 3,40 id.	27,20
	» 8 id. id. de 6,00 id. de id. á 4,05 id.	32,40
	» 4 id. id. de 7,00 id. de id. á 5,00 id.	20,00
	» 8 id. id. de 8,00 id. de id. á 7,00 id.	56,00
	» 8 id. id. de 9,00 id. de id. á 11,00 id.	88,00
	» 56,60 metros lineales de riostras longitudinales, rollizas, de 0,10 de diámetro, á 0,35 peseta	19,81
	» 60,70 id. id. de traveseros de madera rolliza á 0,35 id. . .	21,25
	» 112 clavos de 9" á 10", á 0,10 peseta.	11,20
	» 93 salchichones de ramón de pino de 2,00 metros de longitud y cuatro ligaduras de alambre galvanizado á 1,20 pesetas..	111,60
	Importe de un espigón de 14,50 metros de longitud. . .	428,36
	El metro lineal.	29,54

Precio de un tramo de dique con contrafuertes por la línea de bajamar.

Tipo núm. 1.

		IMPORTES — Pesetas
(13)	Por 4 pilotes rollizos de 2,00 metros de longitud á 1,35 pesetas.	5,40
	» 8 id. id. de 3,00 id. de id. á 1,75 id.	14,00
	» 88 id. id. de 4,00 id. de id. á 2,15 id.	189,20
	» 13,00 metros lineales de riostras horizontales oblicuas, de de 0,10 de diámetro, á 0,35 peseta.	4,55
	» 165,00 id. id. de largueros y traveseros de 0,10 de diámetro, á 0,35 peseta..	57,75
	» 220,00 clavos de 9" á 10", á 0,10 peseta.	22,00
	» 129 salchichones de ramón de pino de 2,00 metros de longitud y cuatro ligaduras de alambre galvanizado á 1,20 pesetas..	154,80
	Importe de un tramo de dique de 40 metros de longitud. .	447,70
	El metro lineal.	11,19

Precio de un tramo de dique con contrafuertes interiores y exteriores.

Tipo núm. 2.

		IMPORTES — Pesetas
(14)	Por 6 pilotes rollizos de 2,00 metros de longitud, á 1,35 pesetas	8,10
	» 8 id. id. de 3,00 id. de id. á 1,75 id.	14,00
	» 12 id. id. de 4,00 id. de id. á 2,15 id.	25,80
	» 8 id. id. de 5,00 id. de id. á 3,40 id.	27,20
	» 30 id. id. de 6,00 id. de id. á 4,05 id.	121,50
	» 34 id. id. de 7,00 id. de id. á 5,00 id.	170,00
	» 8 id. id. de 8,00 id. de id. á 7,00 id.	56,00
	» 4 id. id. de 9,00 id. de id. á 11,00 id.	44,00
	» 16,20 metros lineales de riostras horizontales oblicuas de 0,10 de diámetro, á 0,35 peseta..	5,67
	» 222,50 id. id. de largeros y traveseros de 0,10 de id., á 0,35 peseta.	77,88
	» 236 clavos de 9" á 10", á 0,10 peseta.	23,60
	» 166 salchichones de ramón de pino de 2,00 metros de longitud y cuatro ligaduras de alambre galvanizado á 1,20 pesetas..	199,20
	IMPORTE DE UN TRAMO DE 30 METROS DE LONGITUD. . .	772,95

El metro lineal. 25,76

Precio de un trozo de dique de dos metros de longitud con un metro de profandidad á bajamar.

Tipo núm. 3.

		IMPORTES — Pesetas.
(15)	Por 4 pilotes rollizos de 9,00 metros de longitud, con hinca de de 3,00 metros, á 11,00 pesetas..	44,00
	» 1 id. id. de 7,00 id. id. con id. id. á 5,00 id.	5,00
	» 6 metros lineales de tornapuntas rollizas, de 0,10 de diámetro, á 0,35 peseta.	2,10
	» 17,30 id. id. de riostras horizontales y traveseros de madera rolliza, de 0,10 de diámetro, á 0,35 peseta.	6,06
	» 18 clavos de 9" á 10", á 0,10 peseta.	1,80
	» 15 salchichones de ramón de pino, de 2,00 metros de longitud y cuatro ligaduras de alambre galvanizado, á 1,20 pesetas..	18,00
	TOTAL.	76,96

El metro lineal. 38,48

Precio de un trozo de dique de dos metros de longitud con dos metros de profundidad á bajamar.

Tipo núm. 4.

		IMPORTES — Pesetas.
(16)	Por 4 pilotes rollizos de 9,00 metros de longitud, con hinca de 3,00 metros, á 11,00 pesetas..	44,00
	» 2 id. id. de 7 id. id. con id. id., á 5,00 id.	10,00
	» 12,80 metros lineales de tornapuntas rollizas, á 0,35 peseta.	4,48
	» 21,70 id. id. de riostras horizontales y traveseros de madera rolliza, á 0,35 peseta.	7,60
	» 28 clavos de 9" á 10", á 0,10 peseta.	2,80
	» 18 salchichones de ramón de pino, de 2,00 metros de longitud y cuatro ligaduras de alambre galvanizado, á 1,20 pesetas..	21,60
	TOTAL.	90,48
	El metro lineal..	45,24

Precio de un trozo de dique de dos metros de longitud con tres metros de profundidad á bajamar.

Tipo núm. 5.

		IMPORTES — Pesetas.
(17)	Por 4 pilotes rollizos de 10 metros de longitud, con hinca de 3,00 metros, á 12,00 pesetas..	48,00
	» 2 id. id. de 8,00 id. id. con id. id. á 7,00 id.	14,00
	» 12,80 metros lineales de tornapuntas rollizas, á 0,35 peseta.	4,48
	» 21,70 id. id. de riostras horizontales y traveseros de madera rolliza, á 0,35 id.	7,60
	» 28 clavos de 9" á 10", á 0,10 peseta..	2,80
	» 21 salchichones de ramón de pino de 2,00 metros de longitud y cuatro ligaduras de alambre galvanizado, á 1,20 pesetas..	25,20
	TOTAL.	102,08
	El metro lineal..	51,04

Plantaciones.

(18) **(19)** } Precio obtenido en obras análogas ejecutadas en la ría.

Defensa de márgenes

Los precios de defensa de márgenes con faginas en cuadrículas y plantaciones, se han calculado con datos experimentales obtenidos en la localidad y según se indica á continuación.

Algunas barrancas exigen excavación para darles perfil de estabilidad; otras no la necesitan.

La extructura de los revestimientos puede verse en el plano hoja n.º 4.

Precio de un tramo de defensa de márgenes de 1,50 metros de longitud y 5,00 metros de latitud, medido según las verticales del talud

(Sin excavación)

			IMPORTES — Pesetas.
(20)	0,447	metro cúbico de excavación en tierra arcillosa, á 0,33 peseta..	0,15
	0,536	metro cúbico de productos arrojados á pala, á 0,20 peseta..	0,11
	11,00	metros lineales de faginas de taray de 0,25 metro de diámetro, con ligaduras de alambre galvanizado, cada 0,50 metro, á 0,18 peseta.	1,98
	4	estacas de 1,50 metros, á 0,52 peseta	2,08
	7'50	metros lineales de plantación, á 0,50 peseta.	3,75
		Importa un tramo de 1,50 metros.	8,07
		El metro lineal..	5,38

Precio de un tramo de defensa de márgenes de 1'50 metros de longitud y 5,00 metros, medidos según las verticales de la superficie del talud.

(Con desmonte)

			IMPORTES — Pesetas
(21)	51,00	metro cúbico de excavación, á 0,33 peseta.	16,83
	61,20	id. de productos transportados con carretillas á 30 metros, á 0,30 peseta.	18,36
		Faginas, estacas y plantación, lo mismo que cuando no hay desmonte.	7,81
		Importe de un tramo de 1,50 metros lineales.	43,00
		El motro lineal.	28,67

Dragados.

(22) Para el metro cúbico de dragado se han tenido en cuenta las experiencias de la localidad, incluyendo toda clase de gastos, menos la amortización del material. Su pormenor se encuentra en las Memorias anuales publicadas sobre las obras ejecutadas en la ría.

Expropiación.

(23) (24) Precios corrientes en la localidad.

ANEJO NÚM. 10

Cálculo del precio medio del terreno expropiado

1.ª Sección

	Pesetas
6,975 hectáreas de terreno de labor de 3.ª clase, á 600 ptas.	4.185,00
25,985 id. de id. de id. de 1.ª id. á 1.200 id.	31.182,00
7.680 id. de id. de id. de 1.ª id. á 1.300 id.	9.984,00
Daños y perjuícios y ocupaciones temporales.	5.000,00
SUMA.	50.351,00
3 por 100 de afección.	1.510,53
Gastos de tasación	1.000,00
TOTAL VALOR DE LA EXPROPIACIÓN.	52.861,53
Que dividido por la superficie total expropiada, que es de 406.400 metros cuadrados, da para precio medio del metro cuadrado.	0,13

Cálculo del precio medio del tramo expropiado

2.ª Sección

	Pesetas.
60 hectáreas de terreno de labor de 3.ª clase á 600 ptas hectárea.	36.000,00
Daños y perjuícios y ocupaciones temporales.	5.000,00
SUMA.	41.000,00
3 por 100 de afección.	1.230,00
Gastos de tasación	1.000,00
TOTAL VALOR DE LA EXPROPIACIÓN.	43.230,00
Que dividido por la superficie total expropiada, que es de 600.000 metros cuadrados, da para precio del metro cuadrado. . .	0,07

ANEJO NÚM. 11

OBRAS DE MEJORA

DE LA

DESEMBOCADURA DEL GUADALQUIVIR

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Justificación de precios.

Dragados.

(1) La justificación de este precio se encuentra en el Capítulo XIV de esta Memoria.